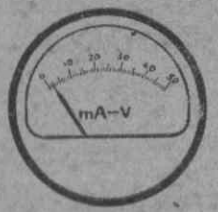
CENA ZŁ 5.

BIBLIOTEKA RADIOAMATORA

Inż. MIECZYSŁAW FLISAK

PRZYRZĄDY POMIAROWE RADIO-AMATORA



BIURO WYDAWNICTW POLSKIEGO RADIA

T. ROGOWSKI

BIBLIOTEKA RADIOAMATORA

PRZYRZĄDY POMIAROWE RADIOAMATORA

Inż. MIECZYSŁAW FLISAK

PRZYRZĄDY POMIAROWE RADIOAMATORA

BIURO WYDAWNICTW POLSKIEGO RADIA

BIBLIOTEKA RADIOAMATORA

INŻ. MIECZYSŁAW FLISAK:

PRZYRZĄDY POMIAROWE RADIOAMATORA

REDAKTOR TECHNICZNY: ANTONI BROSZ

Manuskrypt otrzymano dnia 1. 2. 1952
Druk 4 arkuszy ukończono w maju 1952
Nakład 5.100 egz.
Papier druk. sat. V kl., 70 g, 61 ×86 cm
Drukarnia Wydawnicza w Krakowie, ul. Zwierzyniecka 2
Zam. nr 46/52 M-3-13186

SPIS ROZDZIAŁÓW

str.

Wstęp 6

1. Zastosowanie żaróweczki i neonówki 7
2. Wskazówkowy przyrząd do pomiaru napięć i prądów . . . 12
3. Omomierz 24
4. Przyrządy do pomiaru kondensatorów i cewek 33
5. Mostek do pomiaru oporów i kondensatorów 39
6. Przyrząd do sprawdzania lamp 53
7. Generator sygnałowy 60

Zakończenie 64

WSTĘP

Radioamator rozpoczyna zwykle swoją „karierę" od budowy najprostszych odbiorników, to jest detektorów i jednoobwodówek; z czasem po nabraniu doświadczenia zaczyna interesować się odbiornikami bardziej złożonymi, a nawet, co już stawia radioamatora w szeregu poważnie zaawansowanych, techniką nadawczą i krótkofalarstwem.

Rozpoczynając radioamatorstwo od dokładnego wzorowania się na opisach publikowanych w czasopismach czy popularnych wydawnictwach, często z braku odpowiedniego sprzętu decyduje się na indywidualne rozwiązania, próbując własnych sił konstruktorskich.

Na pewnym etapie „majsterki" radioamatorskiej, prawidłowe rozwiązywanie konstrukcji staje się jednak niemożliwe bez posiadania choćby najprostszych przyrządów pomiarowych.

Celem niniejszej broszurki jest opis takich przyrządów, które przyjdą z pomocą radioamatorowi, pozwolą mu wykonywać coraz bardziej skomplikowane układy a zatem i podnosić jego wiedzę i doświadczenie.

Układ broszurki pozwala na wykorzystanie jej zarówno przez początkujących jak i zaawansowanych radioamatorów; rozpoczynając od najprostszych przyrządów z neonówką, opisane są pokolei najważniejsze przyrządy, które nie powinny zabraknąć w pracowni radioamatora.

1. ZASTOSOWANIE ŻARÓWKI I NEONÓWKI

Proste i równocześnie bardzo pomocne przyrządy można wykonać z takich elementów jak żaróweczka od latarki i neonówka; sprzęt ten znajdzie prawie każdy radioamator w swojej rupieciarni.

Ż a r ó w e c z k a łącznie z bateryjką (4,5 V) wskaże nam świecąc, czy obwód jest galwanicznie połączony, czy lutowanie jest wykonane poprawnie a dodatkowo siła światła żaróweczki da nam pewne pojęcie o oporze obwodu. Warunkiem koniecznym jest jednak, aby żaróweczka pobierała możliwie mały prąd (najlepiej 40—50 mA).

N e o n ó w k a ma szerokie zastosowanie w technice pomiarowej; pracuje w układach generacyjnych, służy jako wskaźnik biegunowości przy napięciu stałym itp. W normalnie wykonanych neonówkach występuje światło różowe przy elektrodzie połączonej z biegunem ujemnym. Ponieważ neonówka wytwarza dostrzegalne światło już przy prądzie rzędu 50 mikroamperów, zatem może służyć jako wskaźnik o dużym oporze wewnętrznym.

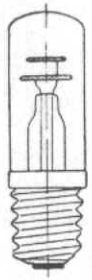
Wadą neonówki jest fakt, że zaczyna ona świecić dopiero przy napięciu przekraczającym wartość 70—80 woltów. Ta wartość napięcia jest określona tak zwanym napięciem zapłonu.

Warto może będzie zaznajomić czytelnika z właściwościami lampki neonowej.

Rys. 1 przedstawia jedną z konstrukcji neonówek. W szklanym cylindrze, z którego wypompowano powietrze, a następnie wpuszczono pewną ilość gazu szlachetnego zwanego neonem, umocowane są dwie elektrody z wyprowadzeniem na zewnątrz do

cokolu. Często wewnątrz cokolu znajduje się również opór, którego znaczenie omówimy później.

Jeżeli do końcówek tej lampki włączymy napięcie stałe, którego wielkość możemy regulować, okaże się, że poniżej wartości rzędu 70—80 woltów neonówka nie świeci.



Rys. 1.

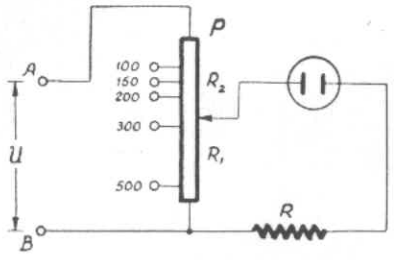
Dopiero po przekroczeniu tego napięcia, zwanego napięciem zapłonu, gaz zawarty wewnątrz lampki zaczyna świecić różowo-czerwonym kolorem.

Zjawisko świecenia gazów wskutek przyłożonego napięcia nosi nazwę jonizacji, zaś wielkość tego napięcia zależy od konstrukcji lampy i rodzaju gazu.

Jeżeli będziemy w dalszym ciągu zwiększać napięcie, będzie wzrastał prąd płynący przez lampkę oraz siła światła. Gdyby prądu nie ograniczać, dając w szereg z neonówką opór, jonizacja przybrałaby charakter łuku elektrycznego, co spowodowałoby zniszczenie lampy. Jak więc z tego widać, neonówki nie wolno włączyć bezpośrednio do sieci, tylko przez opór, który zresztą bardzo często jest wbudowany w cokół lampy.

Jeżeli po zaświeceniu lampy będziemy stopniowo zniżać napięcie, okaże się, że przy określonej wartości napięcia zwanego napięciem gaśnięcia, świecenie lampy ustaje. Ciekawym jest, że napięcie gaśnięcia jest niższe o kilkanaście woltów od napięcia zapłonu.

Wykorzystując te właściwości neonówki możemy wykonać niewielkim kosztem woltomierz, którym z dokładnością $\pm$ 5% da się mierzyć napięcia od 100 do 500 woltów.



Rys. 2.

Zasadę tego pomiaru wyjaśnia rys. 2.

Do zacisków A — B włączamy mierzone napięcie U. Następnie przesuwamy ślizgacz potencjometru w takie położenie, przy którym neonówka zaświeca się.

Obracając następnie gałkę potencjometra w kierunku przeciwnym, zmniejszamy napięcie neonówki, dochodząc do wartości napięcia gaśnięcia Ug. Znając napięcie gaśnięcia neonówki, które jest stałe dla danej lampy, możemy ze stosunku części oporów potencjometra P obliczyć napięcie mierzone a mianowicie

$$U = U_g \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

Praktycznie wykonamy skalę wycechowaną przy pomocy dobrego woltomierza, zaś położenie gałki potencjometra wskaże nam od razu mierzone napięcie.

Skala wypada nierównomierna z zagęszczeniem dla większych wartości napięcia.

Stosując potencjometr logarytmiczny (normalnie stosowany w radioodbiornikach), można uzyskać skalę nieco równomierniejszą. Należy jednak końcówki potencjometru tak podłączyć, aby wartości większych napięć wypadały przy obrocie gałki w lewo (przeciwnym wskazówce zegara).

Pobór prądu tego rodzaju woltomierza jest bardzo mały i zależy tylko od oporu potencjometra.

Jeżeli na przykład potencjometr ma wartość 5 megomów, wtedy pobór prądu przy napięciu 500 woltów wyniesie 100 mikroamperów czyli uzyskujemy woltomierz o oporze wewnętrznym 10.000 omów na wolt.

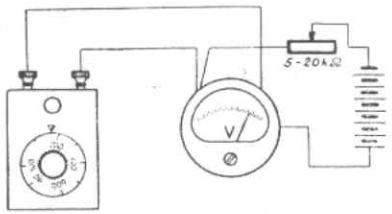
Woltomierz ten mierzyć może również napięcie zmienne; w tym wypadku przy pomiarze odczytujemy wartość maksymalną napięcia.

Jeżeli więc wycechowaliśmy woltomierz przy napięciu stałym, to mierząc napięcie zmienne, dla otrzymania wartości skutecznej musimy odczytaną wartość podzielić przez 1,4. Prościej więc wycechować po raz wtóry woltomierz przy napięciu zmiennym i wykreślić drugą skalę.

Dla wycechowania musimy posiadać woltomierz oraz źródło napięcia stałego, na przykład baterię lub prostownik z dzielnikiem napięcia.

Cechowanie wykonamy np. jak na rys. 3.

Równolegle do naszego przyrządu włączamy dobry woltomierz oraz w szereg z regulowanym oporem 5 do 20 tysięcy omów baterię lub prostownik. Ustalamy na woltomierzu wzorcowym okrągłe wartości napięć np. 200 woltów i obracając gałkę potencjometru chwytamy moment, kiedy zgaśnie neonówka. Punkt ten oznaczamy na skali naszego przyrządu jako 200 woltów. W ten sam sposób cechujemy również dla innych napięć.



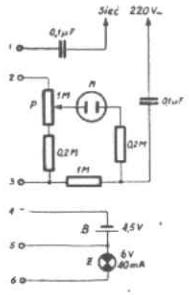
Rys. 3.

Poniżej przedstawiamy opis prostego przyrządu, przy pomocy którego możemy zmierzyć, względnie orientacyjnie określać lub sprawdzać napięcia w zakresie od 2 do 7,5 wolta (napięcie żarzenia), od 100 do 600 woltów (napięcia anodowe i sieciowe), prądy od 20 do 50 mA (prądy lamp głośnikowych), opory od 20 do 200 omów (cewki, opory katodowe, uzwojenia transformatorów) oraz mierzyć opory od 0,1 do 2 megomów, zaś kondensatory od 2.000 do 50.000 pF.

Schemat przyrządu przedstawia rysunek 4.

Część górna z neonówką N służy do pomiaru napięć i dużych oporów, część dolna z żaróweczką Ż orientacyjnie wskazuje napięcie żarzenia i wartości małych oporów.

Żaróweczka Ż powinna świecić się normalnie przy napięciu 6 V i 40 mA. Przy większym prądzie nie będziemy mogli mierzyć prądów anodowych lub oporów.



Rys. 4.

Pomiary odbywają się następująco:

Żaróweczka

1) Pomiędzy zaciskami 5—6 możemy na oko określić napięcia od 2 do 7,5 wolta albo prądy od 20—50 mA. Przy napięciu 2 woltów lub prądzie 20 mA będzie się żarzyć środek włókna żaróweczki; przy napięciu 4 woltów lub prądzie 30 mA całe włókno świeci czerwono; przy 6 V (40 mA) światło jest jasno żółte, zaś przy 7,5 V (50 mA) jasno białe.

2) Opory w zakresie 20 do 200 omów mierzymy, łącząc je do zacisków 4—6.

W ten sposób z baterii B płynie prąd żarzący żarówkę zależnie od wartości oporu. Przy oporze 20 omów żarówka świeci nieco ciemniej aniżeli przy zwartych zaciskach 4—6.

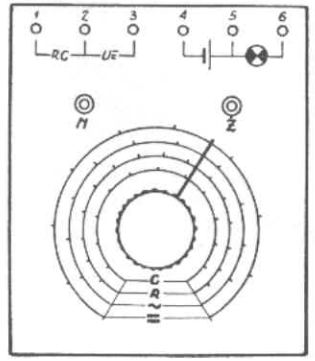
Przy oporze 200 omów żarzy się bardzo słabo środek włókna.

Neonówka

3) Pomiar napięć stałych lub zmiennych na zaciskach 2—3 wykonuje się, regulując potencjometr P do momentu zgaśnięcia, jak to opisano powyżej. Opór 0,2 megoma połączony w szereg z potencjometrem P rozszerza zakres do 600 woltów.

Neonówka powinna mieć napięcie zapłonu około 80—100 woltów.

4) Do pomiaru oporów lub kondensatorów musimy włączyć przyrząd do sieci. Dwa kondensatory po 0,1 μF zabezpieczają sieć przed zwarciem do ziemi w wypadku pomiaru elementów uziemionych. Z tego względu winny one być wytrzymałe na przebicie przynajmniej 2000 woltów.



Rys. 5.

Mierzone opory lub kondensatory włączamy pomiędzy zaciski 1 ÷ 2. W ten sposób spełniają one jakby rolę części oporu potencjometra i odczyt wykonujemy podobnie jak przy pomiarze napięcia. Skalę cechujemy włączając pomiędzy zaciski znane co do wartości kondensatory lub opory. W ten sposób będziemy mieli 4 skale: napięcia stałe, zmienne, opory, kondensatory.

Całość montujemy w małej skrzynce, na przykład jak na rysunku 5.

2. WSKAZÓWKOWY PRZYRZĄD DO POMIARU NAPIĘĆ I PRĄDÓW

Przyrząd opisany w poprzednim rozdziale nie zaspokoi oczywiście wymagań bardziej zaawansowanych radioamatorów. Dlatego pierwszym celem radioamatora jest przyrząd pomiarowy, przy pomocy którego można mierzyć wielkości prądów i napięć, występujące w normalnych odbiornikach czy wzmacniaczach. Należą tu przede wszystkim napięcia i prądy anodowe lamp, a następnie napięcia żarzenia lamp i wysokie napięcia transformatora anodowego.

Pomiary napięć zmiennych są ważne przede wszystkim w wypadku, gdy nawijamy sami transformator i obawiamy się przekroczyć dopuszczalną wartość żarzenia lamp odbiorczych. Przy remontach odbiorników fabrycznych względnie korzystaniu z fabrycznych transformatorów pomiar tych napięć nie jest tak bezwarunkowo konieczny. Dlatego w wielu wypadkach wystarczy radioamatorowi przyrząd wielozakresowy dla pomiaru napięć i prądu stałego.

Dla wykonania takiego przyrządu nieodzowną częścią składową jest miliamperomierz, który na pełne wychylenie wskazówki nie pobiera większego prądu jak 2 mA, a pożądane jest i mniej. Im bowiem prąd ten jest mniejszy, tym większy będzie opór wewnętrzny wykonanego woltomierza, tym mniejszy będzie jego wpływ na wartości mierzonych napięć.

Wielu amatorów posiada tego rodzaju miliamperomierze ze sprzętu wojennego; niektóre z nich posiadają zakres rzędu 100 lub 200 mikroamperów i są tym bardziej cenne. Miliamperomierze o większym poborze prądu można w zasadzie przerobić na bardziej czule. Dlatego w pierwszym rzędzie należy zdjąć przykrywę przyrządu i zwrócić uwagę czy przypadkiem wewnątrz nie znajduje się opór bocznikujący; jeżeli tak, należy go odlutować i sprawdzić, jaki będzie z kolei pobór prądu na pełne wychylenie. O ile prąd jednak będzie większy aniżeli 2 mA, pozostaje jeszcze możliwość przewinięcia ramki ruchomej przyrządu na większą ilość zwojów. Określenie nowej ilości zwojów jest bardzo proste.

Mianowicie, jeżeli na pełne wychylenie pobór prądu wynosił I_1 przy ilości zwojów Z_1, zaś żądany pobór winien wynosić I_2, wtedy ilość zwojów Z_2 równa się

$$Z_2 = \frac{I_1 \cdot Z_1}{I_2}$$

Jeżeli na przykład mamy miliamperomierz na zakres 10 mA przy 50 zwojach na ramce i chcemy go przerobić na zakres 2 mA, wtedy nowa ilość zwojów wynosi

$$Z_2 = \frac{I_1 \cdot Z_1}{I_2} = \frac{10 \cdot 50}{2} = 250 \text{ zwojów}$$

Oczywiście, aby zmieścić większą ilość zwojów na ramce, drut na nowe uzwojenie musi być cieńszy, a średnica jego winna wynosić

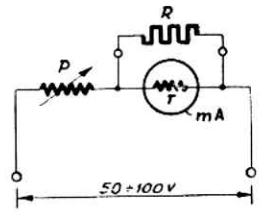
$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = d_1 \sqrt{\frac{50}{250}} = \frac{d_1}{2{,}2}$$

czyli w naszym wypadku średnica drutu winna być mniej więcej dwa razy mniejsza.

Przewinięcie ramki wymaga jednak dużej zręczności i doświadczenia.

Dlatego taką delikatną „operację" należy powierzyć specjaliście.

Ponieważ przyrządy, jakie ewentualnie radioamatorzy posiadają, mogą zakresem odbiegać od wartości przyjętej w opisie, podamy niżej sposób obliczenia, tak aby każdy mógł sobie przeliczyć przyrząd według własnych wymagań. Jako podstawę przyjmujemy miliamperomierz o zakresie 2 mA.



Rys. 6.

Oprócz znajomości poboru prądu na pełne wychylenie musimy znać jeszcze wartość oporu wewnętrznego przyrządu. Zwykle wartość ta nie jest przez wytwórnię podana, dlatego należy samemu zmierzyć opór przy pomocy mostka, lub też metodą prostszą opisaną poniżej. W szereg z przyrządem (rys. 6) włączamy regulo-

wany opór P o takiej wielkości, aby przy napięciu 25 do 50 woltów lub lepiej i więcej, uzyskać mniej więcej pełne wychylenie przyrządu.

Notujemy wychylenie wskazówki w podziałkach skali (α_1). Następnie nie ruszając oporu P, włączamy równolegle do przyrządu znany opór R o takiej wartości, aby wskazówka wychyliła się mniej więcej do połowy poprzedniego wychylenia. Zanotujmy to nowe wychylenie w podziałkach skali (α_2).

Znając opór R możemy z obu wychyleń obliczyć opór wewnętrzny przyrządu r.

$$r = R\left(\frac{\alpha_1}{\alpha_2} - 1\right)$$

Dla przykładu — skala przyrządu ma 50 działek. Oporem P ustalamy wychylenie wskazówki na 49,5 działek ($\alpha_1 = 49{,}5$).

Następnie włączamy równolegle do przyrządu opór R o wartości 50 omów; wychylenie przyrządu spada do 26 działek ($\alpha_1 = 26$).

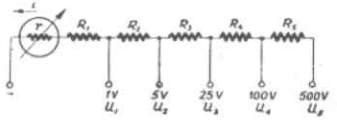
Wobec tego opór wewnętrzny przyrządu wynosi

$$r = 50\left(\frac{49{,}5}{26} - 1\right) = 50\ (1{,}9 - 1) = 45 \text{ omów}$$

Znając pobór przyrządu na pełne wychylenie (zwykle napisana jest ta wartość na skali przyrządu, w braku jej musimy zmierzyć, porównując np. z wycechowanym już przyrządem) oraz opór wewnętrzny, możemy przystąpić do przeliczenia oporów woltomierza i amperomierza.

a) Woltomierz

Zakresy najbardziej przydatne dla radioamatora są następujące: $U_1 = 1$ V, $U_2 = 5$ V, $U_3 = 25$ V, $U_4 = 100$ V, $U_5 = 500$ V. Układ przedstawia rysunek 7.



Rys. 7

Jeżeli przyrząd na pełne wychylenie pobiera prąd „i" a jego opór wewnętrzny wynosi „r", to wartość oporów obliczymy następująco:

$$R_1 = \frac{U_1}{i} - r$$

$$R_2 = \frac{U_2 - U_1}{i}$$

$$R_3 = \frac{U_3 - U_2}{i}$$

$$R_4 = \frac{U_4 - U_3}{i}$$

$$R_5 = \frac{U_5 - U_4}{i}$$

Dla przykładu obliczmy opory dla przyrządu, którego opór wewnętrzny równa się r = 45 omów, zaś prąd na pełne wychylenie i = 2 mA = 0,002 A.

Wartości poszczególnych oporów będą następujące:

$$R_1 = \frac{1}{0{,}002} - 45 = 500 - 45 = 455 \text{ omów}$$

$$R_2 = \frac{5 - 1}{0{,}002} = \frac{4}{0{,}002} = 2000 \text{ omów}$$

$$R_3 = \frac{25 - 5}{0{,}002} = \frac{20}{0{,}002} = 10000 \text{ omów}$$

$$R_4 = \frac{100 - 25}{0{,}002} = \frac{75}{0{,}002} = 37500 \text{ omów}$$

$$R_5 = \frac{500 - 100}{0{,}002} = \frac{400}{0{,}002} = 200000 \text{ omów}$$

Opory te można obliczyć również w inny sposób. Mianowicie ponieważ prąd na pełne wychylenie wynosi 2 mA, zatem na 1 wolt wypada opór $\frac{1 \text{ wolt}}{2 \text{ mA}} = 500$ omów czyli dla 5 woltów opór wynosi $5 \times 500 = 2500$ omów; ponieważ dla zakresu pierwszego opór $R_1 + r = 500$ omów, zatem $R_2 = 2500 - 500 = 2000$ omów.

Opory w firmowych przyrządach wykonywane zwykle są z drutu oporowego; w warunkach amatorskich wystarczą w zupełności opory węglowe, które ze względu na dokładność winny być o tolerancji nie większej jak $\pm$ 2%.

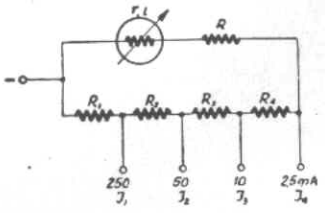
b) Amperomierz

W zakres pomiaru prądu wchodzą prądy siatek ekranujących (do 2 mA), prądy anodowe lamp małej mocy (0,5 $\div$ 5 mA), prądy anodowe lamp głośnikowych (20 — 75 mA) oraz prądy prostowników anodowych (50 $\div$ 200 mA).

Wynika stąd, że zakresy prądowe przyrządu winny być następujące:

$$I_1 = 250 \text{ mA}, \; I_2 = 50 \text{ mA}, \; I_3 = 10 \text{ mA}, \; I_4 = 2{,}5 \text{ mA}.$$

Zmiana zakresów powinna być możliwie prosta, zaś wpływ oporu kontaktów ewentualnego przełącznika zakresów, powinien być znikomy. Warunki te spełnia układ jak na rys. 8.



Rys. 8.

W szereg z przyrządem włącza się zwykle opór R, równy jedno- do trzykrotnej wartości oporu ramki przyrządu r. Opór ten ma na celu kompensację błędu powstałego przy zmianach temperatury. Mianowicie przyrządy są zwykle cechowane w temperaturze otoczenia równej 20° C. Ponieważ ramka przyrządu nawinięta jest drutem miedzianym, którego opór zmienia się z temperaturą (4% na 10° C), przyrząd w razie zmian temperatury wskazywałby błędnie. Dodając w szereg z ramką opór niezależny od temperatury, błąd ten częściowo się kompensuje.

Im większy opór R w stosunku do oporu ramki, tym lepsza kompensacja, ale z drugiej strony tym większy spadek napięcia na bocznikach przyrządu.

Jeżeli wykonamy amperomierz wielozakresowy z błędem do 2%, to wartość oporu R winna być rzędu oporu ramki. Jeżeli pobór

przyrządu na pełne wychylenie wynosi 2 mA, zaś opór ramki 45 omów, to dla zaokrąglenia przyjmijmy wartość R = 55 omów; suma oporów r + R wyniesie 45 + 55 = 100 omów.

Obliczenie oporów bocznikujących przeprowadza się w sposób następujący:

1) obliczamy łączny opór wszystkich boczników, to jest $R_1 + R_2 + R_3 + R_4$ z warunku na rozpływ prądów dla najmniejszego zakresu.
2) Obliczamy spadek napięcia u wywołany przez prąd przyrządu na oporach całego obwodu, to jest

$$u = i \,.\, (R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + r + R).$$

3) Opór całego bocznika dla danego zakresu obliczamy, dzieląc spadek napięcia u przez prąd danego zakresu.

Należy zwrócić uwagę, że dla zakresu I_1 bocznikiem jest opór R_1, dla zakresu I_2 bocznikiem jest opór $R_1 + R_2$, dla I_3 — $R_1 + R_2 + R_3$, zaś dla I_4 — $R_1 + R_2 + R_3 + R_4$.

Przyjmując więc, że opór ramki wynosi 45 omów a prąd na pełne wychylenie i = 2 mA, obliczymy opory boczników według schematu na rys. 8.

1) Łączny opór ramki i oporu kompensacyjnego r + R równa się 45 + 55 = 100 omów.

Spadek napięcia na tych oporach równa się

$$i \,.\, (r + R) = 2 \text{ mA} \,.\, 100 \text{ omów} = 200 \text{ mV}.$$

Na najmniejszym zakresie (2,5 mA) prąd płynący przez boczniki $R_1 + R_2 + R_3 + R_4$ wynosi 2,5 — 2 = 0,5 mA. Spadek napięcia na tych bocznikach jest taki sam jak na ramce i oporze kompensacyjnym czyli równa się 200 mV. Zatem całkowity bocznik dla zakresu 2,5 mA równa się

$$\frac{200 \text{ mV}}{0{,}5 \text{ mA}} = 400 \text{ omów czyli}$$

$$R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 400 \text{ omów}.$$

2) Spadek napięcia w całym obwodzie równa się

$$u = i \cdot (r + R + R_1 + R_2 + R_3 + R_4) = 2\,mA\ (100 + 400) = 1000\,mV$$

3) Obliczamy opory boczników dla poszczególnych zakresów

$$R_1 = \frac{u}{I_1} = \frac{1000\,mV}{250\,mA} = 4 \text{ omy}$$

$$R_1 + R_2 = \frac{u}{I_2} = \frac{1000\,mV}{50\,mA} = 20 \text{ omów},$$

stąd $R_2 = 20 - 4 = 16$ omów

$$R_1 + R_2 + R_3 = \frac{u}{I_3} = \frac{1000\,mV}{10\,mA} = 100 \text{ omów},$$

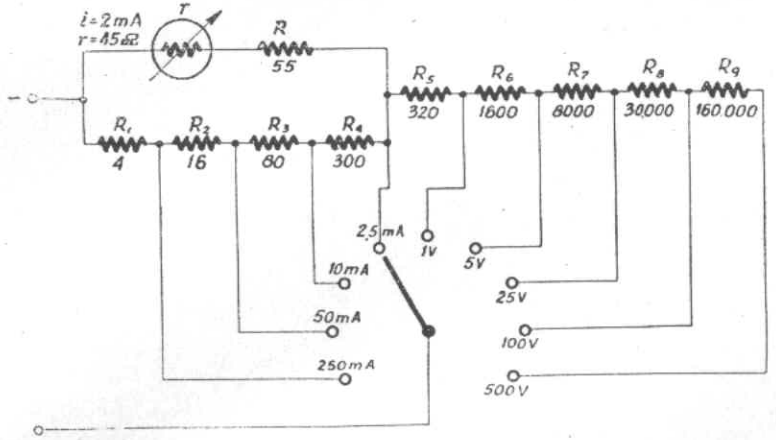
stąd $R_3 = 100 - 20 = 80$ omów

$$R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = \frac{1000\,mV}{2{,}5\,mA} = 400 \text{ omów},$$

stąd $R_4 = 400 - 100 = 300$ omów

c) Woltamperomierz

Aby zrobić teraz wielozakresowy woltamperomierz, złożymy oba układy z rys. 7 i 8 i otrzymamy układ jak na rys. 9.

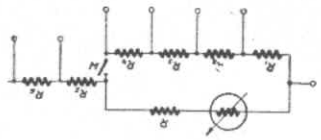


Rys. 9.

Jak widać z rys. 9 przechodzenie z jednego zakresu na drugi odbywa się przy pomocy przełącznika. Takie rozwiązanie nie wyklucza innego, np. zamiast przełącznika możemy dla każdego zakresu przewidzieć gniazdko telefoniczne, jest to jednak o wiele mniej wygodne w posługiwaniu się przyrządem.

Należy tu podkreślić jeszcze jeden szczegół, a mianowicie w stosunku do układu woltomierza jak na rys. 7, przyrząd jest teraz zabocznikowany układem oporów $R_1 \div R_4$, wskutek czego pobór prądu na pełne wychylenie na zakresie napięciowym wyniesie 2,5 mA a nie jak poprzednio 2 mA.

Można by tego uniknąć stosując na przykład wyłącznik W, który by przy przejściu z zakresu prądowego na napięciowy wyłączał boczniki $R_1 - R_4$ jak na rys. 10. Jednak wprowadza to dodatkowe komplikacje, gdyż wyłącznik ten musi być mechanicznie sprzężony z przełącznikiem zakresów, a poza tym niepewny kontakt wyłącznika W może powodować dodatkowe błędy wskazań.



Rys. 10.

Zostawiając więc wartość oporów R, R_1 R_2 R_3 R_4, obliczymy pozostałe opory następująco:

Spadek napięcia na zakresie 2,5 mA wynosi

$$I \cdot (r + R) \text{ czyli } 2\ mA \cdot (45 + 55) = 200\ mV$$

Wobec tego na oporze R_5 musi wystąpić spadek napięcia

$$1\ V - 0{,}2\ V = 0{,}8\ V = 800\ mV,$$

stąd opór R_5 równa się $\frac{800\ mV}{2{,}5\ mA} = 320$ omów.

Spadek napięcia na oporze R_6 wynosi $5 - 1 = 4$ V,

stąd opór $R_6 = \frac{4V}{2{,}5\ mA} = 1600$ omów,

kolejno $R_7 = \frac{25 - 5V}{2{,}5\ mA} = 8000$ omów

$$R_8 = \frac{100 - 25V}{2{,}5\ mA} = 30000\ omów$$

$$R_9 = \frac{500 - 100V}{2{,}5\ mA} = 160000\ omów$$

Wykonanie oporów

W zasadzie opory do przyrządów wykonuje się ze specjalnych materiałów oporowych jak manganin i konstantan. Konstantan, jakkolwiek ma mniejszą zależność od temperatury i daje się łatwiej lutować, nie jest stosowany na boczniki, ponieważ przy nagrzaniu wykazuje siły termoelektryczne w stosunku do miedzi, co w czułych przyrządach wywołuje dodatkowe błędy. W naszym wypadku możemy go jednak bez obawy zastosować. Często na opory napięciowe stosuje się chromonikielinę.

Średnicę drutów dobiera się w zasadzie z warunku na dopuszczalne nagrzanie; często jednak decyduje tutaj długość całkowita drutu, która nie powinna być zbyt mała, gdyż utrudnia to cechowanie.

Orientacyjnie średnicę drutu obliczamy ze wzoru

$$d = \sqrt{I},$$

gdzie d — średnica w milimetrach
I — prąd w amperach.

Poniższa tabela podaje średnice i oporności drutów manganinowych, konstantanowych i chromonikielinowych.

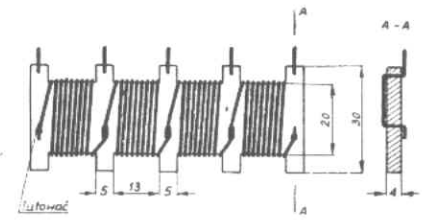
Opory boczników nawinąć można na przykład na płytce bakelitowej wg rysunku 11.

W płytce wyciętej według rysunku 11 wiercimy otwory o średnicy ⌀ 1 mm i przez te otwory przewlekamy pocynowany drut miedziany o średnicy 1 mm; drut ten służy za końcówkę; krawędzie płytki należy zaokrąglić, aby nie powodowały nadłamywania drutu.

Po nawinięciu obliczonej długości drutu (izolowanego) należy opory wycechować według wartości, jakie wypadły z obliczenia. Należy cechować po kolei opór R_1, następnie $R_1 + R_2$, $R_1+R_2+R_3$, i na koniec $R_1+R_2+R_3+R_4$ jako całość. Po wycechowaniu każdego oporu należy przylutować końce do drutu miedzianego jak na rysunku.

Średnica w mm	Opór w omach na 1m		
	Manganin	Konstantan	Chromonikielina
0,03	600	693	1556
0,05	220	250	560
0,1	55	62	140
0,15	24,3	27,7	62,2
0,2	13,7	15,6	35
0,25	8,8	10,0	22,4
0,3	6,1	6,9	15,5
0,4	3,4	3,9	8,75
0,5	2,2	2,5	5,6
0,6	1,52	1,73	3,9
0,7	1,12	1,27	2,8
0,8	0,86	0,97	2,2
0,9	0,67	0,77	1,75
1,0	0,55	0,62	1,4
1,2	0,38	0,43	0,97
1,5	0,25	0,28	0,62
1,8	0,17	0,19	0,43
2,0	0,13	0,15	0,35
2,5	0,088	0,1	0,22

Opory napięciowe nawija się na szpulkach, zaś dla większych wartości można stosować opory węglowe, które o ile nie posiadają tolerancji ± 2% należy również przecechować i dobrać z dokładnością ± 2%. Ponieważ przyrząd wykonuje się w całości z dokładnością ± 2%, wobec tego opory można z powodzeniem cechować metodami prostymi, np. przy pomocy woltomierza i amperomierza (rys. 12 a, b).



Rys. 11.

Opory powyżej 50—100 omów cechujemy wg układu 12 a, zaś poniżej tej wartości wg układu 12 b.

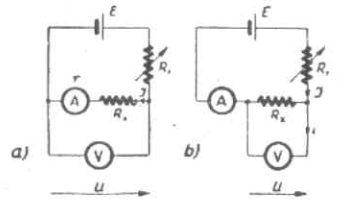
Wartość oporu R_x obliczamy z następującego wzoru:

$$R_x = \frac{U}{I} - r \quad \text{dla 12 a}$$

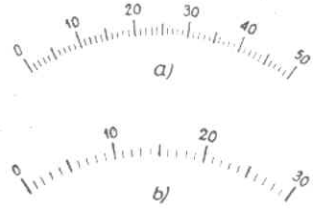
lub

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_v}} \quad \text{dla 12 b}$$

E oznacza napięcie baterii, która w układzie 12 a powinna mieć do kilkudziesięciu woltów (zwłaszcza dla dużych oporów), zaś w układzie 12 b 2 ÷ 4 woltów.



Rys. 12 a, b.



Rys. 13 a, b.

Rr — opór regulacyjny do kilkunastu tysięcy omów przy wysokich oporach, zaś kilkadziesiąt omów przy pomiarze małych oporów.

Poniżej w tabelce zestawione są długości drutów dla poszczególnych oporów:

Opór	R	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9
Wartość omów	55	4	16	80	300	320	1600	8000	30000	160000
Prąd w mA	2	250	50	10	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Materiał	Konstantan lub manganin						Konstantan	Opory drutowe lub węglowe (radiowe)		
Średnica w mm	0,1	0,5	0,25	0,1	0,05	0,05	0,05	–	–	–
Długość ~ m	0,9-1,0	1,6-1,8	1,6-1,85	1,3-1,5	1,2-1,4	1,3-1,5	6,5-7,5	–	–	–
Obciążalność	–	–	–	–	–	–	–	1W	1W	2W

Dobór zakresów i wykonanie skali

Stosunek następujących po sobie zakresów powinien być nie większy jak 3—5, to znaczy, że jeżeli na zakresie pierwszym mierzymy napięcia do 5 woltów, to zakres następny winien być nie większy jak 15—25 woltów. Mniejsze wartości powodują zwiększenie ilości oporów i pozycji na przełączniku, natomiast większe od 5 zmniejszają dokładność odczytu dla wartości napięć nieco większych od zakresu poprzedniego.

Na przykład, gdyby zakres następny był 10 razy większy, to jest do 50 woltów, pomiar napięcia 7 woltów byłby już niemożliwy na zakresie 5 woltów, zaś przy 50 stopniowej skali i na zakresie 50 woltów odczyt wypadłby na 7 działce.

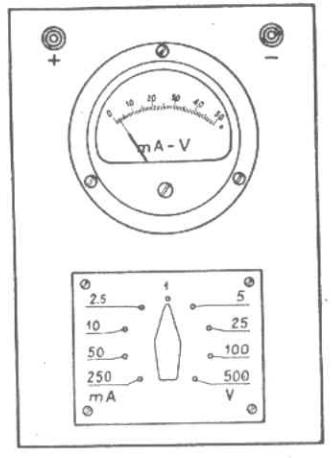
Dlatego w przypadkach, w których długość łuku skali nie przekracza 50 mm, stosunek następujących po sobie zakresów nie powinien być większy jak 3 — 5.

Z drugiej strony wartość zakresów należy dobrać do podziałek skali.

Jeżeli skala przyrządu będzie miała 50 działek, wtedy najwygodniej będzie mierzyć, jeżeli odczyt pomnożymy przez 1 lub 2 oraz jeżeli podzielimy przez 2.

Jeżeli posiadamy skalę przyrządu jak na rys. 13 a, wtedy poszczególne zakresy powinny mieć następujące wartości: 0,5; 5; 50; 500; albo 0,1; 1; 10; 100; 1000; albo 0,25; 2,5; 25; 250 itd. a nie na przykład 0,3 3, 30, 300, ponieważ w tym wypadku należałoby ilość działek mnożyć przez 6, co utrudnia szybki odczyt.

Na rys. 13 b widzimy skalę z podziałem na 30 działek, stąd poszczególne zakresy powinny mieć następujące wartości 0,3; 3; 30; 300; lub 0,6; 6; 60; 600; lub 0,15; 1,15; 15; 150 itd.



Rys. 14.

Przy woltomierzu można by zasto-

sować następujące zakresy: 1,5 V, 6 V, 30 V, 150 V, 600 V, albo 3 V, 15 V, 60 V, 300 V.

Oczywiście można wykonać 2 oddzielne skale z różnym podziałem. Skalę kreślimy czarnym tuszem, można ją wykonać z cienkiego bakelitu lakierowanego na biało, na białym bristolu lub na białym celuloidzie, zmatowanym uprzednio drobnym szmerglem.

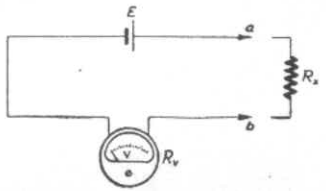
Przyrząd łącznie z oporami można zmontować na bakelitowej płytce i całość wpuścić do skrzyneczki. Zewnętrzne wykonanie przedstawia rys. 14.

Amatorów, którzy by chcieli wykonać przyrząd na prąd stały i zmienny odsyłamy do Nr 2 Radio z roku 1946. Obecnie zajmiemy się omówieniem uniwersalnego omomierza, który pozwoli na pomiar w szerokim zakresie oporów stosowanych w radiotechnice.

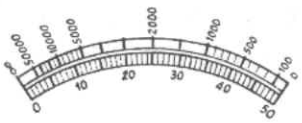
3. OMOMIERZ

Radioamator w swojej praktyce spotyka się często z koniecznością pomiaru oporów, przy czym nie chodzi tu o zbytnią dokładność, a raczej o szybki i łatwy do odczytu pomiar.

Warunki te spełniają omomierze wskazówkowe, które są często częścią składową uniwersalnego woltamperomierza.



Rys. 15.



Rys. 16.

Omomierz taki zresztą bardzo łatwo można wykonać ze zwykłego woltomierza, dodając kilka oporów i bateryjkę.

Zasadę działania takiego omomierza przedstawia rysunek 15.

Połączmy woltomierz, którego opór wewnętrzny wynosi R_v, w szereg z baterią o napięciu E. Jeżeli zewrzemy końcówki a—b,

wtedy bateria będzie włączona na zaciski woltomierza i wskazówka jego się wychyli na przykład na podziałkę α_1.

Wychylenie wskazówki jest proporcjonalne do prądu, który płynie przez woltomierz, a który równy jest napięciu baterii E, podzielonemu przez opór woltomierza R_v, zatem

$$\alpha_1 \sim i_1 = \frac{E}{R_v}$$

Załączmy teraz końcówki a i b do mierzonego oporu R_x. Wskazówka woltomierza również się wychyli, ale wychylenie to będzie mniejsze, ponieważ prąd płynący przez woltomierz na skutek dodatkowego oporu R_x zmniejszył się.

Oznaczmy to nowe wychylenie α_x

czyli $$\alpha_x \sim i_x = \frac{E}{R_v + R_x};$$

dzieląc α_1 przez α_x otrzymamy:

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_x} = \frac{i_1}{i_x} = \frac{R_v + R_x}{R_v} = 1 + \frac{R_x}{R_v};$$

stąd łatwo obliczyć nieznany opór R_x a mianowicie

$$R_x = R_v \left(\frac{\alpha_1}{\alpha_x} - 1\right)$$

Dla przykładu weźmy woltomierz, który na zakresie 5-woltowym posiada opór 2000 omów. Jeżeli użyjemy bateryjki 4,5-woltowej, wtedy $\alpha_1 = 45$ działek (przy skali 50⁰).

Po załączeniu oporu R_x woltomierz wychylił się na $\alpha_x = 20$ działek, stąd opór R_x równa się

$$R_x = 2000 \left(\frac{45}{20} - 1\right) = 2000\,(2{,}25 - 1) = 2500 \text{ omów}$$

Wyliczenie to jest słuszne w założeniu, że napięcie baterii w czasie pomiaru się nie zmienia.

Jeżeli byśmy dobrali takie napięcie baterii, aby przy zwartych końcówkach a—b woltomierz dawał pełne wychylenie (to jest 50 działek), wtedy przy załączeniu oporu $R_x = 2500$ omów wskazówka wychyliłaby się na

$$\alpha_x = \frac{\alpha_1}{1+\frac{R_x}{R_v}} = \frac{50}{1+\frac{2500}{2000}} = 22{,}2 \text{ działek}$$

Przypuśćmy, że opór R_x będzie równy 2000 omów, to jest dokładnie tyle, co opór wewnętrzny woltomierza; wtedy według wzoru obliczymy, że wychylenie α_x będzie równe 25 działek czyli akuratnie wskazówka wychyli się dokładnie do p o ł o w y s k a l i.

Zakładając różne wartości R_x możemy obliczyć skalę omomierza i nanieść jej wartość na skalę przyrządu. Jeżeli założymy, że pełne wychylenie skali równa się 100% długości łuku, wtedy zależnie od stosunku oporu R_x do R_v otrzymamy następujące wychylenie wskazówki:

$\frac{R_x}{R_v}$	α_x %
∞	0
20	4,76
10	9.09
5	16,67
2	33.33
1	50,00
0,5	66,66
0,2	83,33
0,1	90,9
0,05	95,24
0	100,00

Dla przyrządu o 50 działkach i oporze wewnętrznym $R_v = 2000$ omów otrzymamy skalę omową jak na rysunku 16. Widzimy, że skala ma charakter nierównomierny, że małe wartości oporów wypadają przy końcu skali, zaś duże na początku. Dokładnie w połowie skali wypada wychylenie dla oporu równego oporowi wewnętrznemu przyrządu.

Oprócz tego ze względu na zagęszczenie skali na początku i na końcu widzimy, że praktycznie możemy mierzyć opory w zakresie od 0,1 do 10-krotnej wartości oporu woltomierza. Dla stosunku 0,05 i 20 dokładność pomiaru będzie mała. Jeżeli chcielibyśmy mierzyć większe opory, np. 10 razy większe od podanych na skali, musielibyśmy zwiększyć dziesięciokrotnie opór przyrządu a w konsekwencji tego również dziesięciokrotnie napięcie baterii. Chcąc na przykład przy napięciu baterii nie większym niż 100 V mierzyć opory 1 Mg — 100.000 — 10.000 omów, to znaczy z wartością 100.000 omów w środku skali, musielibyśmy mieć przyrząd o poborze prądu

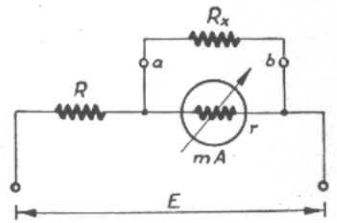
$$\frac{100\text{V}}{100000 \text{ omów}} = 1\text{mA}.$$

Dla przyrządu o mniejszej czułości należało by przy tym zakresie powiększyć napięcie, co nie jest wygodne a nawet bezpieczne, albo obniżyć zakres mierzonych wielkości.

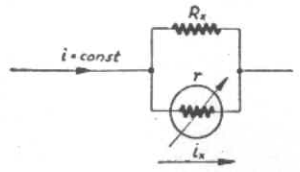
Jeżeli chodzi o pomiar małych wartości oporów, to ograniczenie dolnej wartości daje opór wewnętrzny przyrządu R_v.

W naszym wypadku możemy mierzyć najmniejsze opory w zakresie 100÷200 omów; dla pomiaru mniejszej wartości można stosować inny układ, jak to przedstawia rys. 17.

Weźmy miliamperomierz o oporze wewnętrznym r i prądzie na pełne wychylenie i.



Rys. 17.



Rys, 18.

W szereg z miliamperomierzem włączmy opór R, większy od oporu miliamperomierza np. 100 razy. Dobierzemy napięcie baterii E takie, aby przy otwartych końcówkach a—b (odpowiada to oporowi $R_x = \infty$). miliamperomierz dawał pełne wychylenie. Jeżeli teraz zewrzemy końcówki a—b, wtedy wskazówka opadnie na 0 skali. Położenie to odpowiada oporowi $R_x = 0$. Jeżeli do końcówek a—b włączymy opór R_x wtedy wskazówka zajmie jakieś pośrednie położenie.

Można więc wycechować i tutaj skalę miliamperomierza w wartościach oporu.

Zakładając, że w czasie pomiaru prąd w obwodzie się n i e z m i e n i a (tutaj widać konieczność stosowania oporu R równego

wielokrotnej wartości oporu r), możemy wyprowadzić następujące wzory (rys. 18).

Prąd w miliamperomierzu i_x równa się spadkowi napięcia na równolegle połączonych oporach R_x i r, podzielonemu przez opór r czyli

$$i_x = \frac{i}{r} \cdot \frac{R_x \cdot r}{(R_x + r)} = i \cdot \frac{R_x}{R_x + r};$$

ostatecznie

$$i_x = \frac{i}{1 + \frac{r}{R_x}}.$$

Jeżeli końcówki a—b są rozwarte, wtedy $R_x = \infty$, zaś prąd przez przyrząd daje wychylenie α_1 równe

$$\alpha_1 \backsim i_1 = i$$

Jeżeli włączymy do końcówek a—b opór R_x, wtedy otrzymamy wychylenie α_x równe

$$\alpha_x \backsim i_x = \frac{i}{1 + \frac{r}{R_x}}.$$

dzieląc α_1 przez α_x otrzymamy

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_x} = 1 + \frac{r}{R_x};$$

a stąd

$$\alpha_x = \frac{\alpha_1}{1 + \frac{r}{R_x}},$$

zaś

$$R_x = \frac{r}{\frac{\alpha_1}{\alpha_x} - 1}.$$

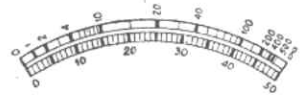
Podobnie jak i poprzednio przyjmując, że pełne wychylenie przyrządu wynosi 100%, obliczymy % długości łuku skali w zależności od stosunku $\frac{R_x}{r}$.

$\frac{R_x}{r}$	α_x %
∞	100,00
20	95,24
10	90,9
5	83,33
2	66,66
1	50,00
0,5	33,33
0,2	16,67
0,1	9,09
0,05	4,76
0	0

Na rys. 19 widzimy przebieg skali omowej w przyjęciu, że opór wewnętrzny miliamperomierza równa się 20 omów. Podobnie i tu widzimy nierównomierny charakter skali z tą tylko różnicą, że większe wartości oporów wypadają przy końcu skali, zaś mniejsze na początku. W środku skali wypada wartość oporu równa dokładnie oporowi wewnętrznemu miliamperomierza.

Na zasadzie tych teoretycznych rozważań możemy już skonstruować omomierz wielozakresowy, którym dałoby się mierzyć wszystkie opory występujące w praktyce radioamatorskiej. Jakiego rzędu są te opory?

Najniższe wartości oporów posiadają cewki obwodów i uzwojenia transformatorów, a więc rzędu kilku omów. Najwyższe wartości posiadają opory siatkowe, to jest rzędu 0,5—2 Mg.



Rys. 19.

Przyjmując więc dla najwyższego zakresu wartości na skali 1 Mg — 100.000 — 10.000 omów (wartość 2 Mg jeszcze można zmierzyć) otrzymamy, że przy 100 V napięcia pobór przyrządu musi wynosić

$$\frac{100\ \text{V}}{100000\ \text{omów}} = 1\ \text{mA}.$$

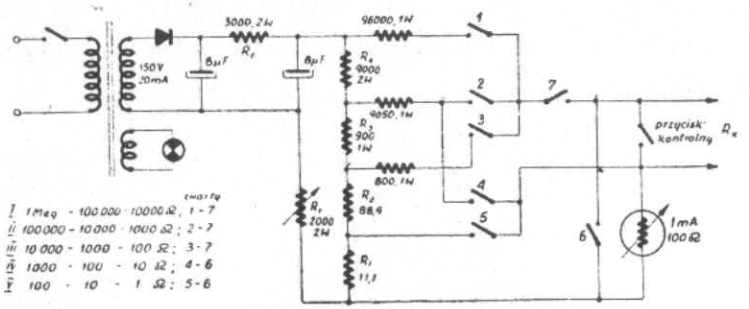
Zestawmy wszystkie zakresy:

I 1 Mg — 100000 — 10000 omów
II 100000 — 10000 — 1000 „
III 10000 — 1000 — 100 „
IV 1000 — 100 — 10 „
V 100 — 10 — 1 „

Zakres I, II, III wykonamy według zasady napięciowej (stałe napięcie baterii), IV i V według zasady prądowej (stały prąd).

Układ zasilać będziemy ze sieci przy pomocy prostownika jednopołówkowego selenowego. Dla stabilizacji napięcia przydałaby się specjalna neonówka (stabiliwolt), która niestety nie jest łatwa do nabycia. Zastosowano przyrząd 1 miliamperowy o oporze wewnętrznym 100 omów (łącznie z oporem wyrównawczym).

Układ omomierza przedstawia rys. 20.



Rys. 20

Rys. 20.

Transformator z uzwojeniem 150 V 20 mA zasila układ poprzez prostownik selenowy.

W braku prostownika można tu zastosować zwykłą lampę odbiorczą, żarzoną z tego samego uzwojenia, które zasila lampę sygnalizacyjną.

2 kondensatory po 8 MF oraz opór R_f 3000 omów filtrują wystarczająco napięcie, które wynosi na wyjściu około 120 woltów.

Napięcie na dzielniku napięcia wynosi 100 V; małe różnice w napięciu sieci wyrównujemy opornikiem regulowanym Rr = = 2000 omów.

Prąd dzielnika napięcia ($R_1 + R_2 + R_3 + R_4$) wynika z zakresu V; mianowicie dla tego zakresu opór miliamperomierza wynosić musi 10 omów (wartość na środku skali). Równolegle więc do przyrządu o oporze 100 omów włączamy opór 11,1 omów (R_1) tak, że wypadkowy opór wynosi 10 omów.

Aby uzyskać na przyrządzie pełne wychylenie, spadek napięcia na nim, a zatem i na oporze R_1 wynosić musi 1 mA $\times$ 100 Ω = = 100 mV. Stąd prąd płynący przez boczniki i przyrząd wyniesie

$$\frac{100\ \text{mV}}{10\ \Omega} = 10\ \text{mA}.$$

Jest to więc zarazem i prąd dzielnika napięcia; z tego wynika, że całkowity opór dzielnika wynosi $\frac{100\ \text{V}}{10\ \text{mA}} = 10.000$ omów.

Zakres III.

Na zakresie tym wartość oporu w środku skali, a zatem i przyrządu, równa się 1000 omów. Stąd napięcie zasilające winno wynosić 1000 omów $\times$ 1 mA = 1 wolt, czyli $\frac{1}{100}$ napięcia całego dzielnika.

Opór tej części dzielnika ($R_1 + R_2$) równa się $\frac{10000}{100} = 100$ omów. Opór szeregowy z uwzględnieniem oporu przyrządu i dzielnika równa się

$$1000 - 100 - 100 = 800 \text{ omów}.$$

Zakres II.

Opór przyrządu winien równać się na tym zakresie 10000 omów. Stąd napięcie zasilające równe jest 10000 $\times$ 1 mA = 10 woltów; opór tej części dzielnika ($R_1 + R_2 + R_3$) równa się

$$\frac{10\text{V}}{100\ \text{V}} \cdot 10000\ \Omega = 1000 \text{ omów. Stąd } R_3 = 900 \text{ omów}.$$

Opór szeregowy z uwzględnieniem oporu przyrządu i wpływu dzielnika (opór wyjściowy dzielnika wraz z obwodem prostownika) równy jest 9050 omów.

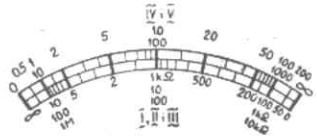
Zakres I.

Napięcie zasilające ma tutaj pełną wartość 100 woltów.

Wartość oporu szeregowego wynosi 96000 omów. Opór „wyjściowy" prostownika wraz z dzielnikiem wynosi tu około 4000 omów (równoległe połączenie oporu dzielnika 10000 omów oraz oporu R_r, R_t i transformatora z prostownikiem).

Zakres IV.

Układ pracuje na zasadzie „prądowej", to znaczy, że opór mierzony włączamy równolegle do przyrządu.



Rys. 21.

Opór szeregowy połączony z przyrządem wynosić powinien około 100-krotną wartość oporu przyrządu czyli $100 \times 100 = 10000$ omów czyli napięcie zasilające wynosi 10000×1 mA $= 10$ woltów.

A zatem połączymy z oporem 9050 omów (przełącznik 4).

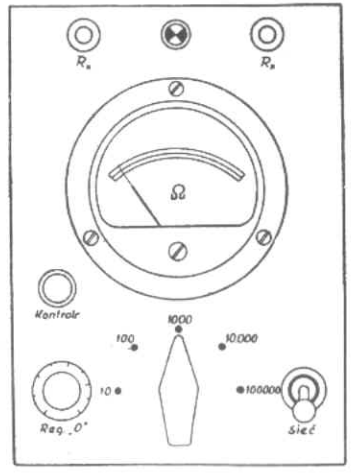
Skala omomierza będzie posiadała dwie podziałki, jak na rys. 21.

Górna służy dla zakresu IV i V, zaś dolna podziałka dla zakresów I, II i III.

Całość należy umocować na płytce bakelitowej i wmontować do skrzynki. Zewnętrzny wygląd przedstawia rys. 22.

Posługiwanie się przyrządem jest następujące:

po załączeniu do sieci nastawiamy przełącznik na żądany zakres, a następnie przyciskamy przycisk kontr., zwierając w ten sposób zaciski R_x — R_x. Jeżeli przełącznik jest na zakresie I, II lub III, wskazówka



Rys. 22.

wychyla się na pełną skalę. Przy pomocy regulatora „Reg — O" sprowadzamy wskazówkę na „O" omów czyli na pełne wychylenie.

Po wyregulowaniu rozwieramy przycisk i możemy mierzyć przy pomocy końcówek z przewodami podłączonymi do zacisków R_x — R_x.

Jeżeli przełącznik jest na zakresach IV lub V, wtedy wskazówka bez naciśnięcia przycisku kontr. wychyla się na pełną skalę; regulujemy więc przyciskiem Reg O aż wskazówka wskaże nieskończoność (∞)

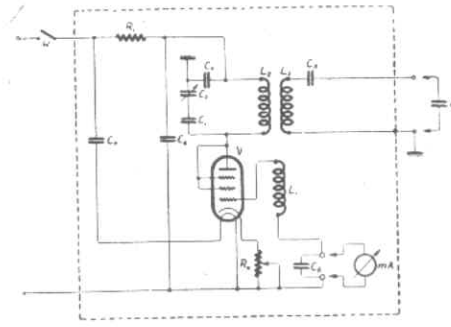
Przyrząd jest gotowy do pomiaru; jeżeli teraz naciśniemy przycisk kontr., wtedy wskazówka winna opaść na zero.

5. PRZYRZĄDY DO POMIARU KONDENSATORÓW I CEWEK

Wielkości kondensatorów, z jakimi ma radioamator do czynienia, można podzielić na trzy grupy:

1. kondensatory w obwodach rezonansowych i kondensatory sprzęgające lub blokujące dla wielkich częstotliwości — wartości od 10 pF do 2000 pF;
2. kondensatory sprzęgające i filtrujące dla obwodów wielkiej i małej częstotliwości — wartości od 2000 pF do 10000 pF;
3. kondensatory filtrujące, przede wszystkim w układach zasilających — wartości od 0,1 do 100 mikrofaradów.

Kondensatory grupy 2 i 3-ciej można mierzyć bądź mostkiem z okiem magicznym (patrz dalej), bądź w pewnych warunkach przyrządem na prąd zmienny. Mostek jest przyrządem trudniejszym do wykonania i wymaga wielu części.



Rys. 23.

Natomiast kondensatory grupy pierwszej można mie-

rzyć metodą rezonansową prostym stosunkowo przyrządem, opisanym poniżej. Dokładność tego przyrządu nie jest wielka — rzędu 5%, ale wystarczająca w wielu wypadkach w praktyce.

Układ przyrządu przedstawia rys. 23.

Jest to oscylator Meissnera z obwodem rezonansowym w anodzie. Oscylacje powstają na skutek sprzężenia obwodu anodowego z obwodem siatki (L_2 i L_1). Obwód siatkowy nie posiada normalnie stosowanego mostka oporowo-pojemnościowego, wobec czego płynie w nim dość duży prąd siatkowy.

Wielkość tego prądu mierzy miliamperomierz z zakresem od 1 do 5 mA. Im czulszy przyrząd, tym lepiej.

Z obwodem anodowym sprzężony jest l u ź n o obwód L_3 — C_3 — C_x.

Gdy obwód L_3 — C_3 jest otwarty, obwód anodowy posiada dość dużą oporność (dla prądu zmiennego), skutkiem czego w obwodzie siatki płynie duży prąd siatkowy. Jeżeli teraz włączymy do obwodu L_3 — C_3 kondensator C_x i będziemy obracali kondensatorem zmiennym C_2, wtedy dla pewnego położenia tego kondensatora oba obwody będą w rezonansie.

W obwodzie L_3 C_3 C_x popłynie prąd, a zatem pochłonie on pewną moc. Wskutek tego oporność obwodu L_2 C_2 się zmniejszy a w konsekwencji tego zmniejszy się również prąd siatkowy.

A zatem, gdy oba obwody są w rezonansie, następuje gwałtowne zmniejszenie prądu siatkowego.

Załączając teraz znane kondensatory w miejsce „C_x" możemy wycechować skalę kondensatora C_2 wprost w mierzonych pojemnościach C_x. Wychylenie miliamperomierza w momencie rezonansu jest tym wyraźniejsze im słabiej układ oscyluje. Dlatego w obwodzie katody włączony jest opornik (n i e b l o k o w a n y) $R_k = 1 \div 3$ kΩ regulowany, który przez ujemną reakcję wprowadza osłabienie oscylacji.

W czasie pomiaru zwiększamy opór R_k tak długo, aż otrzymamy bardzo wyraźne cofnięcie się wskazówki miliamperomierza.

W y k o n a n i e p r z y r z ą d u

Jak widać ze schematu, potrzebne części znajdują się w rupieciarni każdego radioamatora.

W modelu użyto lampy RV 12 P 2000; równie dobrze można użyć jakiejkolwiek triody lub lampy wielosiatkowej, w której połączymy zbyteczne elektrody z anodą. Układ zasilany jest bezpośrednio z sieci prądu zmiennego bez prostownika. Ponieważ napięcie żarzenia lampy RV 12 P 2000 wynosi 12,6 wolta, zredukowano napięcie sieci przy pomocy kondensatora C_7.

Oczywiście układ można zasilać zarówno z sieci prądu stałego lub nawet baterii, wtedy żarzyć będziemy poprzez opór redukcyjny lub wprost z bateryjek.

Przy innych lampach żarzyć można włókno ze zwykłego transformatora dzwonkowego.

W obwodzie anodowym włączono dla zabezpieczenia opór $R_1 = 10000$ omów.

Cewki należy nawinąć możliwie bezpojemnościowo, przy czym na jednym cylindrze nawijamy cewkę L_2 i L_1, zaś na drugim cewkę L_3. Cewki L_2 i L_3 powinny być w zasadzie jednakowe; potrzebną ilość zwojów cewki L_3 ustala się w zależności od użytego kondensatora C_3. W modelu wykonano następujące cewki na 2 cylindrach o średnicy 25 mm: cewka L_2 posiada 80 zwojów drutem ⌀ 0,3 mm i w odległości 3 mm cewka reakcyjna L_1 20 zwojów ⌀ 0,15 (od strony zasilania) oraz na drugim cylindrze cewka L_3 o 120 zwojach ⌀ 0,3 mm.

Ponieważ kondensator zmienny (C_2) ma pojemność 500 pF, zaś kondensatora C_3 użyto o pojemności 300 pF, dlatego nawinięto cewkę L_3 o większej ilości zwojów.

Oba obwody sprzęgamy ze sobą l u ź n o, na tyle tylko, by otrzymać wyraźne minimum na przyrządzie. Przy silnym sprzężeniu występuje zjawisko przeciągania, to znaczy, że gdy kręcimy kondensatorem C_2 w prawo, otrzymamy wychylenie dajmy na to na 53 działkach, a gdy wracamy — na 51; prowadzi to oczywiście do niepotrzebnych błędów.

W czasie montażu należy zwracać uwagę na możliwie małe pojemności początkowe obwodu L_2 C_2.

Dzięki temu będziemy mogli mierzyć pojemności od 10 pF.

Uruchomienie

Włączamy przyrząd do sieci i po podgrzaniu lampy miliamperomierz powinien się wychylić. Obracamy gałkę kondensatora od minimum do maksimum pojemności, na całym zakresie miliamperomierz powinien być wychylony.

O istnieniu oscylacji możemy się przekonać, zwierając rotor i stator kondensatora obrotowego; przy zwarciu wskazówka miliamperomierza powinna opadać.

Jeżeli układ nie chce oscylować, należy sprawdzić kierunek zwojów cewki reakcyjnej L_1 i anodowej L_2, ewentualnie należy dowinąć kilka zwojów do cewki reakcyjnej.

Jeżeli układ oscyluje na całym zakresie, przystępujemy do ustalenia zakresu pomiarowego. Do gniazdek C_x załączamy kondensator o pojemności $10 \div 20$ pF.

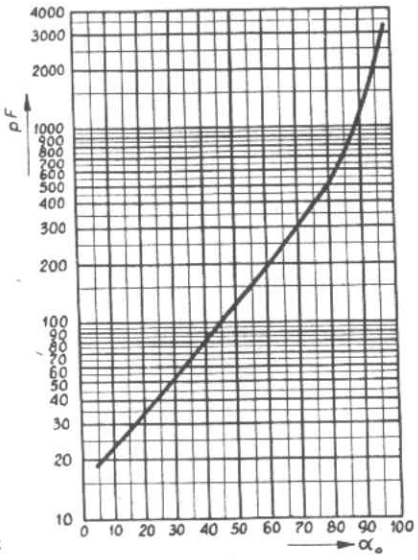
Przekręcamy kondensator C_2 w stronę minimalnych pojemności; przy położeniu początkowym (około $5^0 \div 7^0$) miliamperomierz powinien drgnąć. O ile wychylenia nie otrzymamy, odwijamy parę zwojów z cewki L_2 tak długo, aż na początku zakresu otrzymamy drgnienie miliamperomierza i pierwszy punkt cechowania. Następnie gniazdka C_x zwieramy i przekręcamy gałkę kondensatora w stronę maksymalnych pojemności. Obwód L_3 C_3 powinien dać rezonans przy końcu skali ($98 \div 100^0$).

W braku rezonansu należy odwinąć parę zwojów cewki L_3 lub lepiej zmniejszyć pojemność kondensatora C_3.

Po otrzymaniu rezonansu włączamy do gniazdek C_x kondensator o pojemności 3000 pF, kręcimy kondensatorem i powinniśmy otrzymać minimum wychylenia miliamperomierza dla $95^0 - 96^0$ skali kondensatora. W ten sposób mamy ustalony zakres pomiarowy.

Zaopatrujemy się następnie w kilka dobrych kondensatorów (dokładność przynajmniej 2%) np. 20, 50, 100, 200, 500, 1000 i 2000 pF i przystępujemy do cechowania.

Skala kondensatora powinna mieć miejsce na dwie podziałki: jedną w stopniach ($0^0 - 100^0$), drugą na razie czystą; naniesiemy na nią wprost wartości C_x w pikofaradach. Włączamy do gniazdka C_x kolejno kondensatory 20, 50 itd. i odczytujemy podziałki skali kondensatora C_2, przy których wystąpiło minimum na miliamperomierzu. Odczyty zapisujemy i nanosimy na skalę z podziałką logarytmiczną (rys. 24).



Rys. 24.

Po wykreśleniu krzywej nanosimy z powrotem na czystą skalę przyrządu wartości kondensatorów.

W czasie cechowania i pomiarów należy regulować opornik R^k tak, aby wychylenia miliamperomierza występowały przy jaknajmniejszym prądzie.

Całość należy zmontować w zamkniętym pudełku, najlepiej metalowym.

W braku specjalnego przyrządu można oczywiście wyprowadzić dwa gniazdka, do których przy pomiarach włączać będziemy dowolny przyrząd wielozakresowy lub jakikolwiek inny.

Wykaz części:

W — wyłącznik sieciowy
R_1 — 10000 omów 2 W
R_k — potencjometr $1 \div 3$ kiloomy
L_1 L_2 L_3 — cewki według opisu
C_1 C_4 C_5 C_6 — $5 \div 10000$ pF (1500 V)

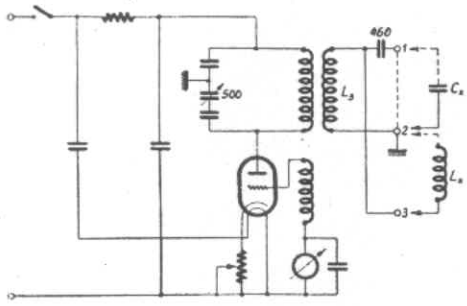
C_2 — kondensator powietrzny 500 pF
C_3 — kondensator mikowy dobrej jakości 300 — 500 pF
C_7 — kondensator blokowy dla 220 V — 1 ÷ 1,2 MF
dla 110 V (napięcie sieci) — 2,4 mikrofarada
V — lampa RV 12 P 2000
mA — miliamperomierz 1 — 5 mA.

Przyrząd do pomiaru indukcyjności cewek

Opisany powyżej przyrząd do pomiarów pojemności można z powodzeniem przystosować do pomiaru indukcyjności cewek. Należy tylko wykonać cewki o innej indukcyjności i dodać trzeci zacisk (rys. 25).

Zasada pomiaru jest następująca:

Zwieramy zaciski 1 ÷ 2 a badaną cewkę włączamy do zacisków 2 — 3. Częstotliwość rezonansowa takiego obwodu określona jest pojemnością i wypadkową indukcyjnością obydwu cewek połączonych równolegle.



Rys. 25.

Wielkości stosowanych cewek w praktyce radioamatorskiej wynoszą od 70 μH (cewki oscylatora) do około 7 mH (cewki filtrów pośredniej częstotliwości dla f = 127 kc/s). Cewki krótkofalowe łatwo ocenić co do ich jakości „na oko", zaś wielkość ich można bez trudu obliczyć w przeciwieństwie do cewek nawijanych licą na rdzeniach ferromagnetycznych.

Z rozważań teoretycznych wynika, że dla pomiaru cewek w zakresie od 70 μH do 7 mH potrzebna jest indukcyjność L_3 rzędu 0,6 ÷ 0,7 mH. Jest to wartość, jaką mają w przybliżeniu cewki transformatorów pośredniej częstotliwości dla 465 kc/s.

Na pewno u każdego znajdzie się jakiś stary zespół, który uzupełnimy cewką reakcyjną 40 ÷ 60 zwojów drutu Ø 0,15.

Największe trudności sprawia wycechowanie przyrządu wobec braku cewek o znanej indukcyjności. Do tego celu należy uprzednio wykonać kilka cewek o indukcyjności np. 100, 200, 500, 1000, 3000 mikrohenrów, dokładnie je wycechować przy pomocy skalowanego generatora i kondensatora, a następnie przez łączenie szeregowe i równoległe cewek uzyskać kilka punktów na skali naszego przyrządu jak przy cechowaniu dla pomiaru pojemności.

Przyrządem tym możemy mierzyć również pojemności, włączając je do zacisków 1 — 2; oprócz tego można również określić orientacyjnie dobroć kondensatorów i cewek. Mianowicie, jeśli dostroimy kondensatorem na minimum wychylenia miliamperomierza a następnie wyłączymy badaną cewkę lub kondensator, to wychylenie wskazówki wzrośnie.

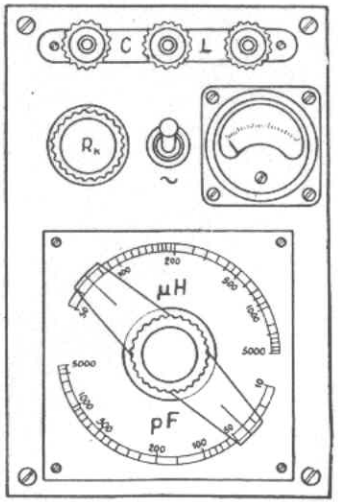
Przyrost wskazań miliamperomierza jest w pewnym stopniu porównawczą miarą dobroci badanego elementu.

Sprawdzić to możemy porównując przyrost wskazań dla kondensatora powietrznego i papierowego, różnica wyniesie kilka działek. Podobnie, jeżeli druciki licy, którą nawinięta jest badana cewka, są przerwane, otrzymamy mały przyrost prądu siatkowego. Przyrząd ten jest bardzo prosty i pewny w działaniu o dokładności wystarczającej dla przeciętnego amatora. Wygląd zewnętrzny przedstawia rys. 26.

6. MOSTEK DO POMIARU OPORÓW I KONDENSATORÓW

Poprzednio opisany przyrząd, jakkolwiek bardzo prosty i łatwy do wykonania, nie zadowoli całkowicie radioamatora, który chciałby mieć możliwość pomiaru kondensatorów w tak szerokim zakresie, w jakim spotyka się w swej praktyce. Przyrządem, który idealnie spełnia te warunki, jest mostek uniwersalny, który mierzy pojemności od kilku pikofaradów do kilku mikrofaradów a zarazem i opory od kilku omów do kilku megomów.

Działanie mostków, które wywodzą się od tak zwanego mostka Wheatstona, polega na metodzie porównywania mierzonej wielkości z wielkością znaną. Jako organ porównujący służy galwanometr przy prądzie stałym (pomiar oporów), zaś słuchawka albo woltomierz lampowy ze wzmacniaczem przy prądzie zmiennym (pomiar kondensatorów, cewek itp.).



Rys. 26.

Na rysunku 27 a przedstawiony jest ogólny schemat mostka pomiarowego.

Opory R_1 R_2 i R_n są to opory znane, zaś opór R_x opór mierzony.

Jeżeli zamkniemy wyłącznik W, wtedy z baterii B popłynie prąd, który rozdzieli się w gałęziach mostka zależnie od wartości poszczególnych oporów.

Jeżeli spadek napięcia na oporach R_1 i R_x będzie różny, wtedy popłynie również przez galwanometr G prąd, który wychyli wskazówkę.

Możemy jednak dobrać tak wielkość oporów R_1, R_2 i R_n, że przez galwanometr nie popłynie żaden prąd i wskazówka będzie stała na zerze skali. Warunek ten będzie spełniony wtedy, gdy spadek napięcia na oporze R_1 będzie równy spadkowi napięcia na oporze R_x i odpowiednio równe będą sobie spadki napięć na oporach R_2 i R_n.

Jeżeli przez galwanometr prąd nie płynie, to znaczy, że przez opór R_n płynie prąd i_x, zaś przez opór R_2 prąd i_1.

W takich warunkach prądy te będą równać się:

$$i_x = \frac{E}{R_x + R_n} \quad \text{oraz} \quad i_1 = \frac{E}{R_1 + R_2}$$

Jeżeli spadki napięć na oporach R_1 i R_x są sobie równe, to otrzymamy następującą równość:

$$i_x \cdot R_x = i_1 \cdot R_1 \quad \text{czyli}$$

$$\frac{E \cdot R_x}{R_x + R_n} = \frac{E \cdot R_1}{R_1 + R_2}$$

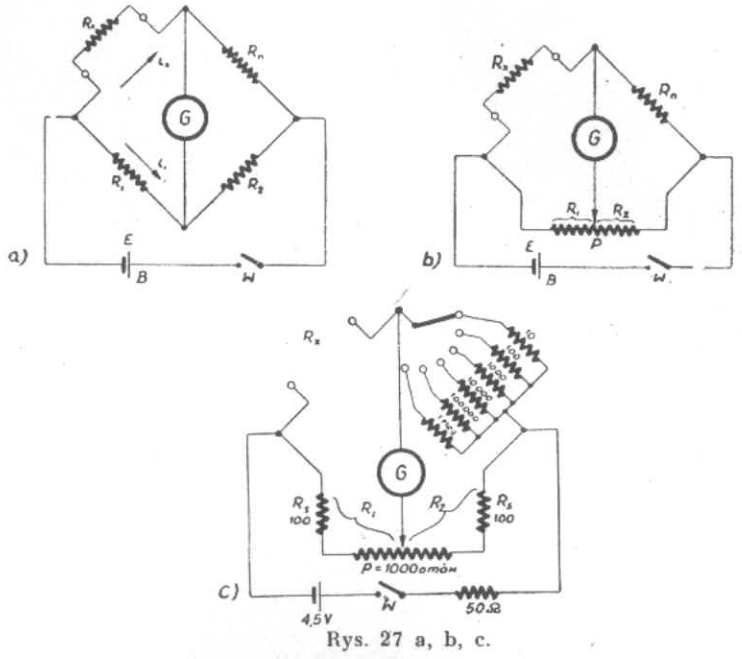
Dzieląc obie strony przez E oraz licznik i mianownik obu stron przez R_x i R_1 otrzymamy ostatecznie proporcję następującą:

$$\frac{R_x}{R_n} = \frac{R_1}{R_2},$$

stąd

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_n$$

Jest to zasadnicze równanie mostka Wheatstona. Widzimy z niego, że opór R_x jest określony stosunkiem oporów $\frac{R_1}{R_2}$ (zwanych też oporami stosunkowymi) oraz oporem R_n — zwanym oporem normalnym (wzorcowym).



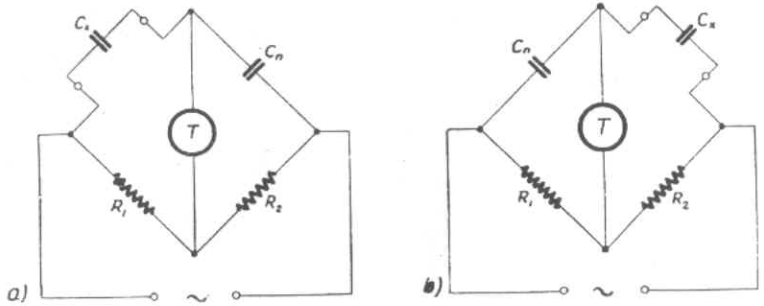
Rys. 27 a, b, c.

Podręczne mostki są wykonywane w ten sposób, że zamiast stałych oporów R_1 i R_2 stosuje się potencjometr P, jak to przedstawia rys. 27 b.

Przesuwając ślizgaczem potencjometra P, zmieniamy w sposób ciągły stosunek $\frac{R_1}{R_2}$.

Możemy również wycechować skalę potencjometru wprost w wartościach tego stosunku i przy pomiarze mnożyć wartość odczytaną na skali przez opór normalny R_n.

Stosunek $\frac{R_1}{R_2}$ może się zmieniać w szerokich granicach, jednak odczyt w położeniach krańcowych ślizgacza jest bardzo niedo-



Rys. 28 a, b.

kładny. Dlatego też ogranicza się zwykle ten stosunek od 0,1 do 10, włączając po obu stronach potencjometru opory R_s, równe $\frac{1}{9} \div \frac{1}{10}$ wartości oporu potencjometru, jak to przedstawia rys. 27 c.

Dla uzyskania możliwości pomiaru w granicach np. od kilku omów do kilku megomów należy włączać różne wartości oporów normalnych, jak na rys. 27 c.

Przyrządem możemy mierzyć wartości oporów od 1 oma do 10 megomów, co w zupełności pokrywa potrzeby radioamatora.

Dokładność mostka

Dokładność zależy przede wszystkim od dokładnego wykonania skali a zatem od dobrej jakości potencjometru, który powinien

posiadać większe niż normalne wymiary (średnica 6÷7 cm); potencjometr taki można samemu wykonać przy odrobinie cierpliwości i umiejętności warsztatowej.

Następnym warunkiem, który decyduje o dokładności, to opory normalne R_n, które powinny być wykonane z błędem nie większym jak 1 ÷ 2%.

Ostatnim elementem, który ma pośrednio wpływ na dokładność wskazań, to galwanometr, który musi mieć dobrą czułość oraz duży opór wewnętrzny.

W praktyce amatorskiej na średnich zakresach można osiągnąć dokładność do 2—3%, zaś na skrajnych wartościach do 5%. Wykonanie mostka nie powinno natrafiać na większe trudności; jest jednak jeden poważny kłopot, mianowicie praktyczna nierealność uzyskania przez przeciętnego radioamatora czułego galwanometru.

Można jednak tego uniknąć, jeżeli będziemy zasilać mostek prądem zmiennym, zaś jako wskaźnika w miejsce galwanometru użyjemy słuchawki, która jest bardzo czułym przyrządem, względnie magicznego oka ze wzmacniaczem. Jeżeli używamy słuchawki, wtedy mostek musi być zasilany generatorem o częstotliwości 800 ÷ 1000 c/s, to jest częstotliwości, na którą najbardziej jest czułe ucho ludzkie. Przy użyciu jako wskaźnika magicznego oka wystarczy prąd sieci oświetleniowej 50 c/s.

Poniżej podamy opis dwu takich mostków; jeden ze słuchawką, prosty i tani, drugi bardziej skomplikowany, z magicznym okiem i lampą wzmacniającą, wzorowany na przyrządzie fabrycznym „Philoscop".

Zanim jednak przejdziemy do opisu, omówimy jeszcze pomiar kondensatorów. Jak wiadomo kondensatory przedstawiają dla prądu zmiennego oporność zależną od częstotliwości i od wielkości kondensatora. Im wyższa częstotliwość oraz im większy kondensator, tym oporność mniejsza.

Mostek dla pomiaru kondensatorów jest podobny do mostka oporowego z tą tylko różnicą, że zamiast oporu normalnego R_n musimy włączyć znany kondensator C_n, no i oczywiście zasilać mostek prądem zmiennym.

Rys. 28 a przedstawia układ takiego mostka.

Dla uzyskania równowagi mostka musi zachodzić następująca równość:

$$\frac{C_x}{C_n} = \frac{R_2}{R_1}, \text{ stąd } C_x = C_n \frac{R_2}{R_1}$$

Widzimy, że ponieważ oporność kondensatorów jest odwrotnie proporcjonalna do ich pojemności, wartość C_x jest określona stosunkiem $\frac{R_2}{R_1}$, a nie jak przy oporach stosunkiem $\frac{R_1}{R_2}$.

W mostku uniwersalnym dla pomiaru kondensatorów i oporów należało by więc wykreślić dwie skale — jedną dla stosunku $\frac{R_1}{R_2}$, drugą dla $\frac{R_2}{R_1}$.

Można tego uniknąć, zmieniając miejscami w mostku kondensatory C_n i C_x, jak to przedstawia rys. 28 b.

W takim rozwiązaniu wystarczy jedna wspólna skala dla oporów i kondensatorów.

Dla możliwości pomiarów kondensatorów w szerokim zakresie należy podobnie jak i dla oporów zastosować kilka kondensatorów C_n o dokładności $1 \div 2\%$.

Aby mierzyć pojemności od 10 pF do 10 mikrofaradów, należy użyć kondensatorów następujących: 100 pF, 1000 pF, 10000 pF, 100000 pF, 1 μF.

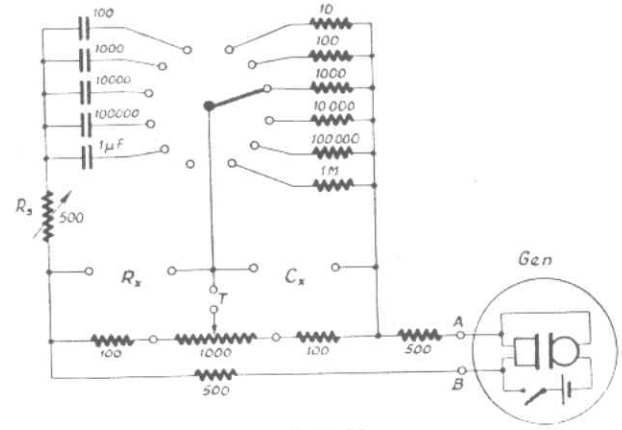
A. Mostek RC w tanim wykonaniu

Układ mostka przedstawia rys. 29.

Zasada działania mostka i uwagi ogólne zostały już podane wyżej. Należy tu wyjaśnić jeszcze rolę oporu R_s oraz omówić generator Gen.

Przy pomiarze pojemności oprócz warunku na równowagę mostka podanego wyżej, musi być również wyrównany wpływ stratności mierzonych kondensatorów.

Na skutek strat, jakie zachodzą w dielektryku, każdy kondensator można przedstawić jako idealny kondensator bez strat, połączony w szereg z oporem, który jest tym większy, im większe są straty kondensatora. Bez skompensowania tych strat nie otrzymuje się w momencie równowagi mostka dokładnej ciszy w słuchawkach i punkt równowagi na skali jest „rozmazany", co oczywiście utrudnia pomiar i czyni go niedokładnym.



Rys. 29.

Jako kondensatorów wzorcowych użyjemy w naszym mostku możliwie najlepszej jakości fabrykatów (o małych stratach). Mierzyć natomiast będziemy kondensatory różnej jakości.

Aby wpływ strat mierzonego kondensatora skompensować, należy włączyć w szereg z kondensatorem wzorcowym opór omowy regulowany i taką jego wartość, przy której uzyskujemy, kręcąc główną skalę potencjometru P, ostre minimum sygnału. Wartość tego oporu (na schemacie R_s) wynosi kilkaset omów.

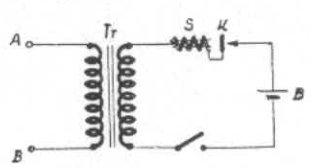
Generator

Wykorzystując słuchawki (wysokoomowe) jako wskaźnik równowagi, musimy posiadać dla zasilania mostka źródło prądu zmiennego o częstotliwości około 1000 c/s.

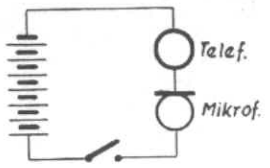
Może to być generator lampowy — co podraża koszt urządzenia — może być brzęczyk używany często w mostkach podręcz-

nych. Stosuje się brzęczyk z drgającą kotwiczką oraz coraz częściej tzw. brzęczyk mikrofonowy. Schemat brzęczyka z drgającą kotwiczką przedstawia rys. 30.

W szereg z baterią B włączony jest brzęczyk S — elektromagnes z kotwiczką (podobny do normalnego elektromagnesu w dzwonku elektrycznym), uzwojenie transformatora Tr oraz wyłącznik. Po zamknięciu wyłącznika popłynie prąd przez elektromagnes, transformator i zostanie przyciągnięta kotwiczka. Z przy-



Rys. 30.



Rys. 31.

ciąganiem kotwiczki przerywa się prąd, kotwiczka powraca do spoczynkowego położenia, dotyka śrubki kontaktowej i cała historia się powtarza. Przez transformator płyną impulsy prądu o częstotliwości zależnej od okresu drgań własnych kotwiczki. Impulsy te przetransformowane na stronę wtórną mogą służyć do zasilenia mostka. Transformator ma przekładnię podwyższającą około 1 : 10. Ton wydawany przez brzęczyk jest nieczysty, zawiera wiele harmonicznych, skutkiem czego nie uzyskuje się w słuchawce bezwzględnej ciszy, co utrudnia pomiar.

Brzęczyk mikrofonowy

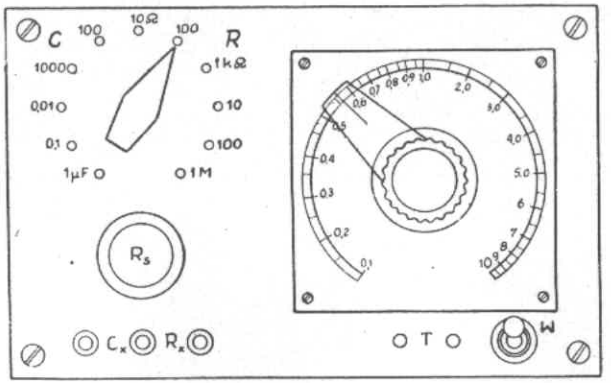
O wiele czyściejszy ton wytwarza brzęczyk mikrofonowy. Układ elektryczny przedstawia rys. 31.

W szereg z baterią połączony jest mikrofon węglowy oraz uzwojenie słuchawki telefonicznej. Mikrofon i słuchawka umieszczone są naprzeciw siebie w małej odległości.

Na skutek akustycznego sprzężenia wzbudzają się w obwodzie prądy o częstotliwości określonej właściwościami obu elementów i indukcyjnością uzwojenia telefonu. Częstotliwość jest rzędu kilkuset do tysiąca okresów.

Napięcie zmienne możemy pobierać z zacisków mikrofonu lub słuchawki.

Aby można było układ zasilać z normalnej bateryjki od latarki (4,5 V), należy użyć niskoomowego mikrofonu i słuchawki (25 — 50 omów) takich, jakie stosuje się w aparatach telefonicznych typu MB.



Rys. 32.

Słuchawkę i mikrofon wmontowujemy naprzeciw siebie w odległości 2 do 3 mm.

W szereg z brzęczykiem włączone są opory po 500 omów, które przy pomiarach niskich oporów względnie dużych kondensatorów zabezpieczają generator przed zwarciem.

Jeżeli przy pomiarach siła głosu w słuchawce jest niewielka, możemy w miejsce słuchawek włączyć na przykład wzmacniacz małej częstotliwości z odbiornika (do gniazdek adaptera). Wtedy oczywiście możemy wyrównywać mostek na głośnik.

Całość montujemy na płytce bakelitowej np. według rysunku 32.

Wykonanie skali

Skalę rysujemy tuszem (po wycechowaniu) na białym bristolu lub papierze rysunkowym, który następnie przykrywamy cienkim przezroczystym celuloidem. Gałka do obracania potencjome-

tru powinna być duża, przynajmniej 40—50 mm średnicy. U spodu gałki przykręcamy wskazówkę z grubego (3—4 mm) celuloidu lub przezroczystego plastyku (np. plexiglas).

Cechowanie

Cechować najlepiej przy pomocy dokładnych oporów w zakresie 0,1 — 1 — 10 kiloomów; mając opory 100, 200, 300, 500, 1000, 2000, 3000, 5000, możemy wszystkie główne punkty skali wycechować. Jest to sposób najpewniejszy, bo uwzględnia nierównomierności potencjometru.

Jeżeli opory normalne (wzorcowe) R_n i kondensatory posiadają błąd nie większy jak $1 \div 2\%$, skala będzie odpowiadała z wystarczającą dokładnością również dla innych zakresów.

B. Mostek RC z magicznym okiem

Przy pomocy niżej opisanego mostka rozszerzają się możliwości pomiarowe radioamatora. Oprócz pomiarów kondensatorów i oporów, stosując wzorce indukcyjności można mostkiem mierzyć również i dławiki. Dla pomiaru indukcyjności cewek wskazane jest jednak użycie generatora akustycznego do zasilania mostka, ponieważ częstotliwość sieci jest dla tych pomiarów zbyt niska.

Układ mostka przedstawiony jest na rysunku 33.*

Zakresy pomiarowe są następujące:

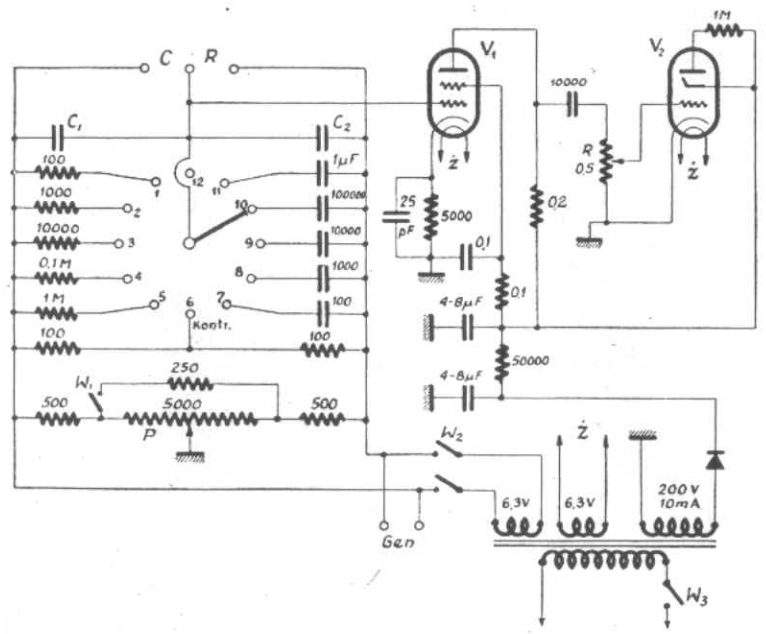
10—100—1000 omów	pozycja	przełącznika	1
100—1000—10000 omów	„	„	2
1000—10000—100000 omów	„	„	3
10000—0,1—1 Mg	„	„	4
0,1—1—10 Mg	„	„	5
10—100—1000 pF	„	„	7
100—1000—10000 pF	„	„	8
1000—10000—100000 pF	„	„	9
0,1—1—10 μF	„	„	10

* Na rys. 33 kondensator blokujący opór katodowy pierwszej lampy wynosi 25 μ F.

W pozycji 6 przełącznika zakresów włączone są w obu gałęziach mostka opory po około 100 omów (możliwie jednakowej wartości).

Pozycja ta służy dla kontroli ustawienia gałki ze wskazówką w pozycji na skali, dla której $\frac{R_1}{R_2} = 1$.

Celem rozszerzenia skali, równolegle do potencjometru P, który w tym rozwiązaniu ma wartość 5000 omów, włącza się wyłącznikiem W_1 opór 250 omów; zakres skali, który obejmował wartości od 0,1 do 10 — kondensatora czy oporu wzorcowego (R_n, C_n) zwęża się teraz od 0,7 do 1,5.



Rys. 33.

W ten sposób przy pozycji 12 przełącznika możemy włączyć do zacisków C_x lub R_x dowolny opór lub kondensator wzorcowy i mierzyć na drugich zaciskach (R_x lub C_x) w stosunku do niego odchylenia w procentach badanych elementów.

• Ma to szczególne znaczenie, gdy selekcjonujemy opory lub kondensatory dla jednego typu urządzeń.

Dla ułatwienia odczytu wykonujemy dodatkową skalę w procentach. Zakres skali od — 30% do + 45%.

Wyłącznik W_2 służy do odłączenia zasilania mostka od sieci 50-okresowej. Ma to na celu przyłączenie generatora akustycznego do zacisków oznaczonych „gen" dla pomiarów małych kondensatorów i cewek indukcyjnych przy częstotliwości np. 1000 c/s. Normalnie mostek jest zasilany napięciem 6,3 V z uzwojenia transformatora. „Napięcie wyjściowe" mostka pomiędzy ślizgaczem potencjometru a przełącznikiem włączone jest na siatkę lampy V_1. Lampa ta, pentoda w. częstotliwości, wzmacnia około 100 razy i poprzez kondensator 10000 pF przekazuje wzmocnione napięcie na siatkę oka magicznego.

Wielkość tego napięcia a zatem i czułość może być regulowana za pomocą potencjometru 0,5 Meg.

Ze względu na duży opór wejściowy lampy pierwszej układ jest bardzo czuły. Jak widzimy ze schematu lampa V_1, przy pomiarze kondensatorów nie ma bezpośredniego połączenia pomiędzy siatką a katodą.

Fakt ten nie jest specjalnie szkodliwy, ponieważ lampa pracuje w układzie oporowym; należy jednak troskliwie zaekranować przewód prowadzący do siatki, jak również przełącznik z oporami i kondensatorami, przy czym oś przełącznika należy odizolować od masy.

Jeżeli mostek nie jest w równowadze, wtedy na siatce magicznego oka występuje zmienne napięcie, zaś cień na ekranie zmienia swą szerokość z częstotliwością sieci.

W momencie równowagi zmienne napięcie na oczku jest równe zeru i cień jest najszerszy.

Wyrównujemy więc mostek na maksimum cienia.

Jako lampy stosować możemy dowolne pentody w. czestotliwości oraz magiczne oko.

W modelu użyto lamp EF6 i EM1.

Zasilacz składa się z transformatora o napięciu 1×200 woltów oraz prostownika selenowego. Równie dobrze można tu użyć lampy odbiorczej lub duodiody w charakterze prostowniczej. Ponieważ prąd układu jest bardzo mały (rzędu 2 mA), zastosowano filtr oporowy; pojemności kondensatorów wynoszą 4 do 8 mikrofaradów.

Omówić jeszcze należy rolę kondensatorów C_1 i C_2. Mianowicie układ posiada pewne pojemności montażu, które należy wyrównać. W tym celu po wycechowaniu skali ustawimy przełącznik w pozycji 12, zaś gałką potencjometra wyszukujemy równowagę mostka. Gdyby pojemności montażu były w obu gałęziach mostka jednakowe, wtedy wskazówka gałki potencjometra powinna stać w punkcie oznaczonym na skali 1 $\left(\frac{R_1}{R_2}=1\right)$. Jeżeli punkt równowagi wypada w innym miejscu skali, należy do jednej lub drugiej gałęzi dodać małą pojemność. Praktycznie pojemności te wykonujemy ze skręconego izolowanego drutu montażowego, który przylutowujemy pomiędzy przełącznik a przewód prowadzący do zacisku C lub R. Kondensatorki te wyrównujemy, obcinając druty po kawałku, aż równowaga mostka wystąpi we właściwym punkcie skali. Właściwie to tę pojemność montażu należało by zmierzyć i uwzględnić w pomiarze, praktycznie jednak będzie ona miała wpływ na najmniejszym zakresie, co ostatecznie można sobie darować.

Cechowanie

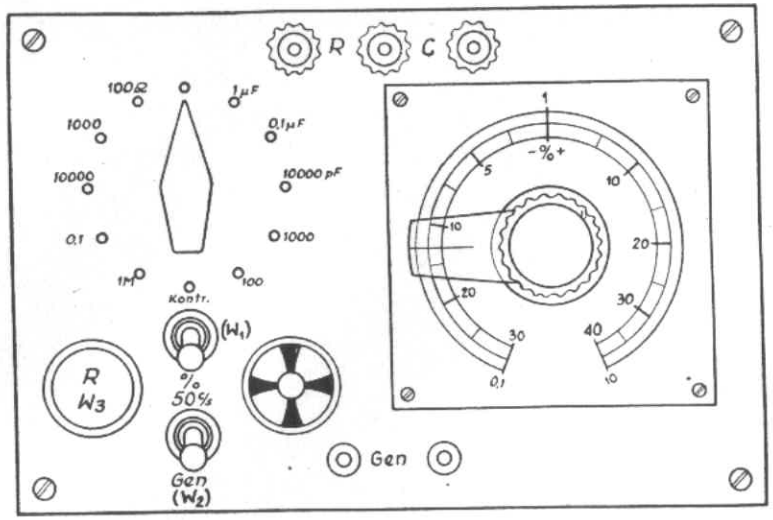
Cechowanie skali przeprowadzamy przy pomocy znanych oporów, jak to opisano w mostku poprzednim.

Przedtem jednak należy dokładnie dobrać opory 500-omowe, połączone w szereg z potencjometrem 5000 omów.

Mianowicie chodzi o to, aby 0 skali procentowej pokryło się z punktem 1 $\left(\frac{R_1}{R_2}=1\right)$ skali zasadniczej.

W tym celu przełącznik ustawiamy w pozycji 6 i ponieważ opory podłączone do obu gałęzi potencjometru są jednakowe, wska-

zówka gałki potencjometru powinna być ustawiona w p. 1 skali. Następnie wyłącznikiem W_1 włączamy opór 250 omów i kontrolujemy czy równowaga mostka wypada dla tego samego punktu skali. Jeżeli nie, to dodając małe opory po kilkadziesiąt omów do jednego lub drugiego oporu 500-omowego, staramy się dwa te punkty sprowadzić do jednego. Mając pierwszy punkt na skali ustalony włączamy znane opory w zakresie np. 100—1000—10000 omów i cechujemy poszczególne punkty skali.



Rys. 34.

Skalę procentową cechujemy następująco: włączamy wyłącznik W_1 i mierzymy dokładnie opór np. 10000 omów — wskazówka winna być ustawiona w punkcie 1 skali względnie „O" skali procentowej. Następnie dodajemy do oporu 10000 omów opór 100 omów i w ten sposób uzyskujemy pierwszy punkt odchyłki 1%.

Dodając tak coraz większe opory, możemy wycechować i tę skalę. Podobnie w drugim kierunku mierzymy opory o odpowiedni procent mniejsze aż do uzyskania skrajnych punktów na skali — 30% + 45%.

Wykonanie mostka

Całość montujemy w blaszanym pudełku, przy czym opory wzorcowe i kondensatory troskliwie ekranujemy.

Skalę wykonuje się z bristolu, względnie z białego celuloidu, który należy przed opisaniem lekko przetrzeć miałkim szmerglem i obmyć benzyną. Płyta czołowa może wyglądać, jak na rys. 34.

Pomiar indukcyjności

Dla pomiarów indukcyjności należy przełącznik ustawić w pozycji 12 i włączyć do zacisków „C" wzorcową indukcyjność, np. 100 μH, 1000 μH, 1 H itp. Badaną cewkę włączamy do zacisków „R". Regulujemy gałką potencjometra P aż do uzyskania równowagi mostka. Wartość mierzona równa się: odczyt na skali razy wartość wzorca.

6. PRZYRZĄD DO SPRAWDZANIA LAMP

Radioamator budując odbiornik, czy wzmacniacz musi zdawać sobie sprawę z jakości zastosowanych lamp; uniknie w ten sposób wielu niespodzianek i nie będzie szukał daremnie przyczyn złego funkcjonowania aparatu.

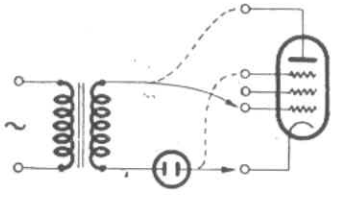
Poza tym przystępując do reperacji aparatu należy w pierwszym rzędzie sprawdzić lampy, a następnie szukać innych przyczyn. Lampy radiowe mogą mieć szereg niedomagań i zanim przystąpimy do opisu przyrządu do sprawdzania lamp omówimy najpierw typowe ich uszkodzenia oraz metody, jakimi się je bada.

Próba na zwarcie

Pierwszą próbę, jaką należy wykonać zanim przejdzie się do dokładnego badania, jest próba na zwarcie między elektrodami. Wykonuje się ją przy napięciu rzędu 100 woltów, jak to podaje rys. 35.

Transformator o napięciu ok. 100 woltów względnie baterię (lub prostownik) przełącza się po kolei pomiędzy poszczególne elektrody.

W razie zwarcia lub złego oporu izolacji zaświeca się neonówka połączona w szereg. Układ powinien być na tyle czuły, aby sygnalizować stan izolacji już rzędu 0,25 megomów.



Rys. 35.

W czasie próby można delikatnie uderzać lampę np. ołówkiem otoczonym gumową obrączką. Często bowiem elektrody powodują zwarcie przy wstrząsach.

Próba na zwarcie odbywa się z lampą nieżarzoną. W niektórych układach lampę się żarzy, ale wtedy należy stosować odpowiednie ujemne napięcie na elektrodach, aby zapobiec świeceniu neonówki skutkiem prądu emisyjnego.

Próba emisji

Drugą z kolei próbą jest próba emisji lampy.

Ważność tej próby jest często przeceniana, ponieważ niektóre lampy, nawet nowe, mimo różnic w prądzie emisyjnym do 25% nie wykazują specjalnych zalet lub wad. Dlatego szereg przyrządów do badania lamp posiada zwykle na skali przyrządu napisy dobra, wątpliwa i zła. Nie ogranicza się emisji od góry i nie można powiedzieć, że lampa ma 100-procentową emisję.

Niektóre lampy na przykład po kilku godzinach pracy wykazują większą emisję aniżeli zupełnie nowa. Dlatego wyłączny pomiar emisji jest nie wystarczający i tylko uzupełniony pomiarem nachylenia charakterystyki daje pełny obraz stanu lampy.

Proste przyrządy do pomiaru emisji wykonane są według układu jak na rys. 36.

Lampa żarzona normalnym napięciem pracuje jako prostownicza, mając zwarte wszystkie elektrody z anodą (oprócz katody).

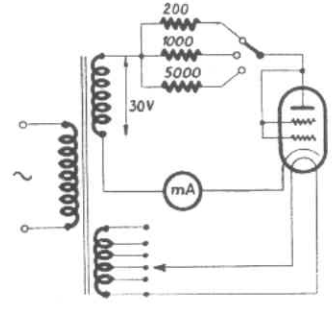
Napięcie transformatora wynosi 30 woltów; w szereg z lampą włączone są opory zależne od typów lamp.

1. Wszystkie lampy sieciowe oraz prostownicze oprócz diod odbiorczych i lamp bateryjnych sprawdza się z oporem 200 omów.
2. Lampy bateryjne, mające ograniczoną emisję, sprawdza się z oporem 1000 omów.
3. Diody odbiorcze sprawdza się z oporem 5000 omów.

Przyrząd anodowy posiada jedną kreskę na skali, która oznacza, że o ile wskazówka nie dochodzi do tej kreski, lampa powinna być wymieniona. Za złą lampę uważa się taką lampę, której nachylenie zmniejszyło się do następującej wartości:

lampy głośnikowe (mocy) do 70% wartości nominalnej,
lampy wzmacniaczy napięciowych do 70% wartości nominalnej,
lampy przemiany częstotliwości (oktody itp.) do 60% wartości w części oscylatorowej.

Zużycie lamp prostowniczych i diod określa się według zmniejszenia prądu wyprostowanego przy nominalnym obciążeniu i tak: diody odbiorcze do — 20% zmniejszenia prądu, l. prostownicze próżniowe do 20% zmniejszenia prądu, l. prostownicze gazowane, gdy spadek napięcia na nich wynosi 25 woltów przy temperaturze 40° C.



Rys. 36.

Lampy wzmacniaczy klasy B bada się w warunkach pracy na maksymalną moc wyjściową. Jeżeli moc ta spadnie do połowy, lampa jest zużyta.

Próba na normalny prąd anodowy i ekranu

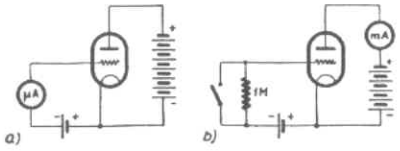
Próba ta należy do ważniejszych, ponieważ mierzy prądy w normalnych warunkach pracy; wymaga jednak szeregu przyrządów i zasilaczy, co w warunkach amatorskich jest dość trudne.

Próba próżni

Prąd siatki na skutek złego stanu próżni mierzyć można przy pomocy mikroamperomierza, włączonego w szereg z siatką lampy, pracującej w normalnych warunkach (rys. 37 a).

Prąd wskutek niedoskonałej próżni nie powinien przekraczać następujących wartości:

dla lamp małych — 1 μA,
dla lamp głośnikowych — 2 μA,
i dla lamp dużej mocy (50 W) — 10 ÷ 15 μA.



Rys. 37 a, b.

W braku mikroamperomierza można zmierzyć pośrednio prąd siatkowy, załączając miliamperomierz w obwód anodowy, zaś opór o wartości 1 meg w obwód siatki (rys. 37 b).

Jeżeli w lampie jest gaz, to zwieranie oporu siatkowego wywołuje zmiany prądu anodowego. Ustalono, że prąd siatki można obliczyć, dzieląc zmianę prądu anodowego przez nachylenie.

$$I_s = \frac{I_{a1} - I_{a2}}{S} \cdot 1000,$$

gdzie I_s = prąd siatkowy w mikroamperach,
I_{a1} I_{a2} = prądy anodowe w miliamperach,
S — nachylenie charakterystyki w mA/wolt.

Pomiar nachylenia charakterystyki

Jak już wspominaliśmy, sprawdzenie nachylenia charakterystyki jest jedną z najważniejszych prób stanu lampy.

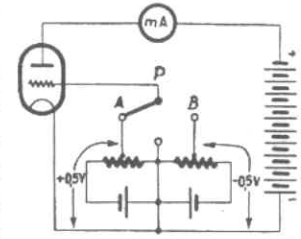
Pomiar ten należy wykonać dla lampy pracującej w normalnych warunkach.

Nachylenie jest to stosunek zmiany prądu anodowego do zmiany napięcia siatki przy stałym napięciu anodowym. Na przykład, jeżeli prąd lampy przy napięciu siatkowym — 5 woltów wynosi 20 mA, zaś przy zmianie napięcia siatki o 1 wolt (— 6 V) spadł do 17 mA — to nachylenie tej lampy równe jest

$$\frac{20 - 17}{6 - 5} = 3 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

Pomiar nachylenia można wykonać albo zdejmując charakterystykę statyczną lampy albo mierząc dynamicznie, przykładając na siatkę napięcie zmienne i mierząc prąd zmienny w obwodzie anodowym. Ten ostatni sposób jest najdokładniejszy, ale w warunkach amatorskich trudny do wykonania.

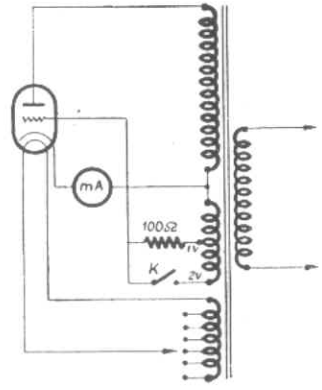
Dlatego poniżej podamy metodę stosowaną w prostych przyrządach.



Rys. 38.

Rys. 38 przedstawia ideę takiego pomiaru. Przy pomocy przełącznika P w pozycji A siatka otrzymuje potencjał + 0,5 V w stosunku do katody, zaś w pozycji B — 0,5 V. Całkowita zatem zmiana potencjału od A do B wynosi 1 wolt. Odczytując zmianę prądu anodowego na miliamperomierzu można obliczyć nachylenie lampy.

W prostych przyrządach lampę zasila się prądem zmiennym, tak że pracuje ona tylko w czasie, gdy anoda posiada potencjał dodatni. Siatka otrzymuje potencjał zmienny również z transformatora, ale w fazie przeciwnej niż anoda, dzięki czemu unika się przeciążenia prądowego lampy i prądu siatki. Rys. 39 przedstawia układ stosowany w naszym przyrządzie.

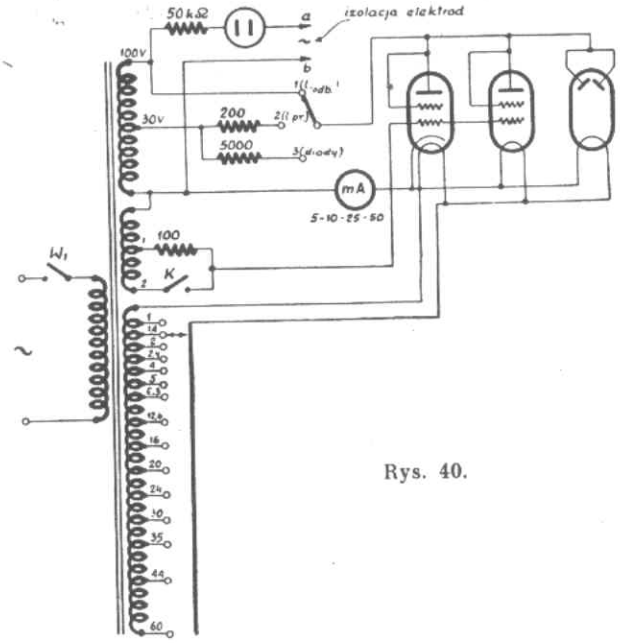


Rys. 39.

Normalnie lampa otrzymuje na siatkę napięcie 1 wolta. Po naciśnięciu przycisku K napięcie to zwiększa się do 2 woltów, a ponieważ jest ono w przeciwnej fazie niż napięcie anodowe, prąd anodowy maleje.

Oczywiście taki pomiar nie daje nam dokładnej wartości nachylenia, ale służy do porównania dobrej i złej lampy. Zarówno przy pomiarze emisji jak i nachylenia, musimy mieć zapisane wartości dla dobrych lamp; określanie tych danych w opisie byłoby słuszne, gdyby radioamator wykonał przyrząd ściśle według opisu, co nie zawsze jest możliwe.

Układ przyrządu przedstawia rys. 40.



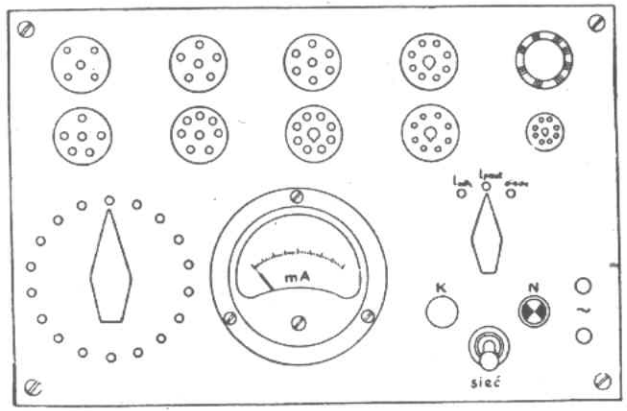
Rys. 40.

Transformator posiada trzy uzwojenia:

1) anodowe o napięciu 100 v. z odczepem 30 woltów dla badania lamp prostowniczych i diod odbiorczych,
2) uzwojenie siatkowe o napięciu 2 woltów z odczepem 1 wolta,
3) uzwojenie żarzenia z odczepami od 1 do 60 v dla napięć spotykanych w praktyce lamp.

W modelu zastosowano 12 podstawek dla najczęściej spotykanych typów. Odpowiednie elektrody są połączone równolegle,

przy czym wszystkie lampy odbiorcze są sprawdzane na emisję przy napięciu anodowym 100 woltów (poz. 1) oraz na nachylenie przy naciśnięciu przycisku K. Lampy prostownicze i diody odbiorcze bada się na emisję przy napięciu 30 V z oporami włączonymi w szereg odpowiednio 200 omów dla prostowniczych (poz. 2) i 5000 omów dla diod (poz. 3 przełącznika P).



Rys. 41.

Dla prostoty wszystkie elektrody oprócz siatki i katody połączone są razem z anodą.

Prąd emisyjny mierzymy przy pomocy miliamperomierza, posiadającego zakresy 5—10—25—50 miliamperów.

Izolację pomiędzy elektrodami sprawdzamy przy pomocy neonówki, załączonej na napięcie 100 V w szereg z oporem 50 kiloomów.

Izolację lampy badamy „na zimno", dotykając końcówkami połączonymi z zaciskami a—b odpowiednich elektrod lamp.

Dopiero po tej próbie wkładamy lampę do podstawki, nastawiamy odpowiednie napięcie żarzenia i sprawdzamy prąd emisyjny i nachylenie.

Widok zewnętrzny przyrządu przedstawia rys. 41.

7. GENERATOR SYGNAŁOWY

Opisane poprzednio przyrządy służyły radioamatorowi do badania i mierzenia części wchodzących w skład odbiornika czy wzmacniacza.

Jednakże dla zestrojenia odbiornika i prawidłowego wykończenia te przyrządy nie wystarczą.

Aby odbiornik zestroić, to znaczy uzgodnić wszystkie obwody rezonansowe i wydobyć z niego maksimum czułości i selektywności, potrzebne jest źródło, sygnałów wielkiej częstotliwości, imitujących radiostacje nadawcze.

Ten tak zwany generator sygnałów ma nas uniezależnić od radiostacji; ma dawać modulowany sygnał o regulowanej wielkości w zakresie częstotliwości odbieranych przez odbiornik.

Laboratoryjne generatory sygnałowe są to przyrządy bardzo rozbudowane, kilkulampowe, a koszt ich często przekracza cenę kilku dobrych odbiorników.

Radioamatorowi wystarczy skromniejszy przyrząd, ale z drugiej strony nie powinien on być zbyt prymitywny, ponieważ cierpieć będzie na tym jego stałość pracy, dokładność itp.

Dlatego też należy zwalczać niezdrową tendencję wśród amatorów, którzy budując generator sygnałowy wykonują go byle jak, z części niesolidnych i o małej ilości lamp.

Dobrze wykonany sygnałowy generator może służyć przez kilka lat, stając się nieocenionym przyrządem w ręku doświadczonego radioamatora.

Warunki, jakim powinien odpowiadać generator, są następujące:

1. Łatwość wyboru dowolnej częstotliwości w zakresach, na których pracują odbiorniki.
2. Stałość częstotliwości i dokładność nastawienia żądanej częstotliwości winna być nie gorsza jak 2%.
3. Napięcie wyjściowe powinno być regulowane w granicach od kilkudziesięciu mikrowoltów do kilkunastu miliwoltów.

4. Napięcie wyjściowe nie powino zawierać wielu harmonicznych.
5. Sygnał powinien być modulowany.

Układ generatora sygnałowego przedstawia rys. 42.

Lampa V_1 pracuje jako oscylator w układzie ECO. Układ ten odznacza się dobrą stałością częstotliwości i łatwością oscylacji w dużym zakresie częstotliwości.

Przy pomocy normalnych cewek długo-, średnio- i krótkofalowych oraz kondensatora obrotowego powietrznego 500 pF pokrywa się normalnie zakresy:

od 150 kc do 450 kc... poz. 1
od 500 kc do 1600 kc... poz. 3
od 5,8 Mc do 20 Mc... poz. 5.

W pozycjach 2 i 4 przełącznika falowego P_1 równolegle do kondensatora obrotowego dołącza się kondensator stały 450 pF, dzięki czemu uzyskujemy dwa zakresy potrzebne dla strojenia filtrów pośredniej częstotliwości, a mianowicie:

110 kc — 140 kc... poz. 2
360 kc — 490 kc... poz. 4.

Celem uzyskania napięcia szybkozmiennego, możliwie bez harmonicznych steruje się następną lampę V_2 napięciem pobranym wprost z obwodu rezonansowego poprzez mały kondensator 5 — 10 pF.

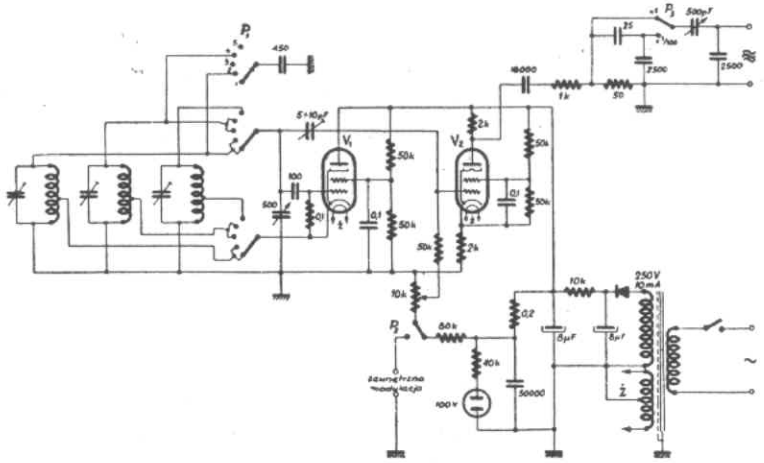
Lampa V_2 oddziela obwód oscylatora od obciążenia zewnętrznego. W obwodzie anodowym tej lampy włączony jest opór 2000 omów, połączony równolegle przez kondensator 10000 pF z oporem 1050 omów. Dzięki temu wypadkowy opór anodowy lampy V_2 wynosi około 700 omów, co przy nachyleniu około 1,3 mA/V daje wzmocnienie równe 1, ale za to mniej więcej jednakowe w całym zakresie częstotliwości.

Napięcie wyjściowe zmniejszamy na dzielniku 50 i 1000 omów około 20 razy i następnie dzielnikiem pojemnościowym w sto-

sunku 1 do 100 oraz drugim dzielnikiem w sposób ciągły przy pomocy kondensatora obrotowego ze stałym dielektrykiem.

Uzyskujemy tą drogą teoretycznie na wyjściu minimalne napięcie rzędu kilku do kilkunastu mikrowoltów.

W praktyce na skutek różnych sprzężeń napięcie będzie wyższe.



Rys. 42.

Na siatkę lampy V_2 podajemy również napięcie akustyczne, regulowane za pomocą potencjometru 10 k Ω. Napięcie to moduluje generator, umożliwiając w ten sposób zestrojenie odbiornika.

Napięcie akustyczne wytwarzane jest przy pomocy generatora relaksacyjnego z neonówką; nie jest ono wprawdzie sinusoidalne, ale daje ton zupełnie przyjemny, a co ważniejsze generator jest bardzo prosty i nie wymaga dodatkowej lampy.

Przy pomocy przełącznika P_2 możemy pobierać napięcie modulujące z zewnętrznego źródła.

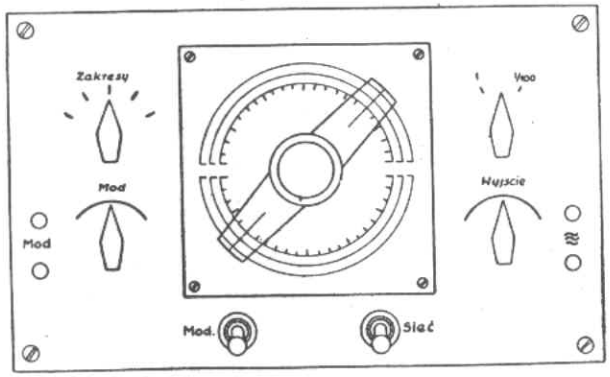
Generator jest zasilany z prostownika jednopołówkowego. Prostownik zastosowano selenowy, ale można tu użyć zwykłej lampy odbiorczej, jako prostowniczej, ponieważ prąd całkowity nie przekracza 10 mA.

Cewki, jak wspomniano, są to normalne zespoły krótko-, średnio- i długofalowe. Musimy jednak przylutować do nich odczepy w odległości 1/4 zwojów dla fal krótkich i 1/10 zwojów dla fal średnich i długich, licząc od strony ziemi. Przeróbka ta jest nieco kłopotliwa, ale jednak opłaci się, ponieważ układ ECO jest bardzo stabilny w pracy.

Montaż przeprowadzamy częściowo na płycie czołowej, częściowo na chassis, który dzieli aparat na dwie części. W dolnej montujemy obwody strojone i dzielnik napięcia, zaś w górnej lampy, transformator, części filtru i potencjometr. Aby uniknąć bezpośredniego promieniowania, montujemy całość w pudle metalowym.

Cechowanie

Cechowanie jest najtrudniejszym etapem wykończenia sygnałowego generatora. Przy dużej cierpliwości można generator wycechować przy pomocy odbiornika nastrajanego na radiostacje



Rys. 43.

o znanych częstotliwościach. Przecechowanie na falach długich i średnich nie sprawi większych trudności.

Natomiast na zakresach pośrednich oraz falach krótkich cechowanie jest bardzo utrudnione.

Najwłaściwiej i najłatwiej można wycechować przy pomocy

gotowego drugiego sygnałowego generatora; potrzebny nam będzie do tego jeszcze prosty jednoobwodowy odbiornik.

Do zacisku antenowego odbiornika włączamy wyjścia obu generatorów i ustawiając generator wzorcowy na ustalonych częstotliwościach obracamy kondensatorem tak długo, aż usłyszymy gwizd interferencyjny; sprowadzamy ten gwizd do najniższego tonu i wtedy częstotliwości obu generatorów będą jednakowe. Przechodząc tak od punktu do punktu możemy wycechować skalę na wszystkich zakresach.

Widok zewnętrzny generatora przedstawia rys. 43. Zastosowano lampy RV 12 P 2000, mogą być również użyte z powodzeniem dowolne pentody w. cz.

ZAKOŃCZENIE

W broszurce niniejszej omówiono kilka najważniejszych przyrządów, jakie są potrzebne przeciętnemu radioamatorowi w jego pracy.

Oczywiście można by tu opisać jeszcze wiele ciekawych i pożytecznych urządzeń, przy pomocy których mógłby radioamator przepracowywać samodzielnie różne zagadnienia z radiotechniki. Należą tu oscylograf, falomierz, woltomierze lampowe, generator akustyczny, przyrząd do pomiaru dobroci cewek itd. Są to już przyrządy wyższej klasy, które przekraczają możliwości i wykonanie przeciętnego radioamatora. Podane w broszurce opisy przyrządów zostały dobrane do poziomu fachowego średnio zaawansowanego radioamatora i powinny przyjść mu z pomocą w rozwiązywaniu konstrukcji nowoczesnych odbiorników.